

農業試驗所特刊第246號

Special Publication of TARI No. 246



農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 113年度研究成果研討會專刊

Proceedings of the Symposium on the 2024
Research Results of Fengshan Tropical
Horticultural Experiment Branch,
Taiwan Agricultural Research Institute



中華民國114年2月 | February, 2025





農業試驗所特刊第246號
Special Publication of TARI No. 246

農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所

113年度研究成果研討會

Proceedings of the Symposium on the 2024 Research
Results of Fengshan Tropical Horticultural Experiment
Branch, Taiwan Agricultural Research Institute



農業部農業試驗所

Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture
Taichung, Taiwan, Republic of China

中華民國114年2月
February, 2025

農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所113年度研究成果研討會

◆ 議 程 表 ◆

時 間：中華民國 114年 2 月 25 日 (星期二)

地 點：農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所會議室

主辦單位：農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所

時間	演講題目	演講者	主持人
9:30	報到		
10:00	開幕致詞		
10:10	專題演講： 百香果種苗產業之挑戰與機會	鳳山分所 李文立 分所長	
10:50	團體合影及茶敘		
第一節 育種與生理特性探討			
11:10	番木瓜‘台農11號-小寶’之育成	熱帶果樹系 徐智政 副研究員	熱帶果樹系 邱國棟 主任
11:35	棗‘台農13號-雪麗’於溫室及網室 栽培生理特性差異	熱帶果樹系 郭展宏 副研究員	
12:00	午餐		
第二節 耐熱與環境調適技術			
13:10	溫度對花椰菜花球發育調控的影響	蔬菜系 林楨祐 副研究員	蔬菜系 王三太 主任
13:35	耐熱青蔥品種與覆蓋技術緩解夏季 高溫對青蔥生育之影響	蔬菜系 李香誼 助理研究員	
14:00	評估畦面不同覆蓋材質對辣椒栽培 影響	蔬菜系 王三太 主任	
14:25	施用激勃素GA3減少鳳梨釋迦異常落 果之研究	熱帶果樹系 方信秀 副研究員	
14:50	休息及茶敘		
第三節 採後處理與永續栽培模式			
15:10	紅龍果經檢疫蒸熱處理後對外觀與 櫥架壽命之影響	熱帶果樹系 劉碧鵲 副研究員	植物保護及 園產品加工系 鄭櫻慧 主任
15:35	建立結球萵苣增加碳匯之栽培模式	蔬菜系 羅惠齡 聘用人員	
16:00	綜合交流討論		鳳山分所 李文立分所長
17:00	賦歸		

序言

農業自古以來便是我國經濟與民生的根本，為了促進農業的持續發展與競爭力，需要持續推動技術創新與改進，積極投入研發，致力於革新農業栽培技術與育成優良新品種。農業試驗所至今已有130年的歷史，作為臺灣農業發展與研究的領航者，具有推動產業升級的使命，其轄下的鳳山熱帶園藝試驗分所成立至今亦已86年，從最初為研發鳳梨栽培出口加工產業設立，逐步拓展至多種熱帶果樹、抗病與耐熱蔬菜品種選育，以及植物保護與安全永續等多元研究領域，皆不餘遺力，成果卓著，這些努力不僅有助於提升農民的收益，更進一步促進整體產業的發展。然而，氣候變遷為農業帶來前所未有的挑戰，溫度升高、極端天氣變化，迫使我們的農業體系必須因應調整，與時俱進。

本次研討會匯聚了多年來的研究成果，涵蓋當前產業重要議題，呈現了我們在農業研發改良上的進展：

育種與生理特性探討方面：介紹了鳳山分所近年重要的新品種選育成果，包括番木瓜‘台農11號-小寶’及棗‘台農13號-雪麗’，這些品種在田間展現出強健的生長表現，亦因其優良的品質而深受好評。

作物耐熱與環境適應技術方面：因應持續上升的氣溫，鳳山分所深入研究溫度對花椰菜的影響，並針對夏季高溫環境，開發出覆蓋技術以改善青蔥及辣椒的生長；而鳳梨釋迦為對環境溫度變化敏感之果樹，進而研發以生長調節劑減少鳳梨釋迦落果的實用方法。

採後處理與永續栽培模式方面：在採後處理技術方面，探討紅龍果檢疫處理的最佳方法，確保外銷輸日品質；此外，結球萵苣的碳匯栽培模式則為永續農業開創了新的可能性。

藉由本次研討會，我們期望能展現及分享最新的研究成果，促進果樹、蔬菜等領域有更多的互動與交流，共同探索技術創新，推動優良品種的選育及應用，期待為農業不斷進步研發奠定堅實基礎。

農業部農業試驗所 所長

林學詩

謹識

序言

各位來賓、研究夥伴與朋友們：

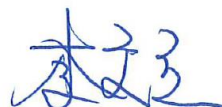
歡迎大家蒞臨鳳山熱帶園藝試驗分所的研究成果研討會！在農業不斷面臨挑戰與創新的時代，感謝各位對農業產業的關注與投入，才能持續推動這項領域不斷精進與創造新成果，共同促進農業的永續發展。

本次研討會的舉辦，旨在搭建一個學術交流與合作的平台，讓鳳山熱帶園藝試驗分所的研究人員們向大家分享過去一年來的研究成果與心得，我們希望透過這次機會，共同討論研究成果、激發不同的想法，並一起探討與面對農業發展過程中的複雜問題。從作物改良到栽培技術、從環境適應到永續農業，我們期盼能引發深入討論，推動園藝產業的進步，並促成更多的合作與交流。

我衷心感謝所有為本次研討會付出心力的研究人員、講者以及工作團隊，正是你們的努力，讓這場研究成果研討會得以順利舉辦。同時，也誠摯感謝每一位與會者的參與，因為有你們的支持與回饋，這場研討會才能更有意義。

再次歡迎大家的到來，祝願各位在本次研討會中收穫滿滿，交流愉快！

農業部農業試驗所
鳳山熱帶園藝試驗分所 分所長



謹識

目錄

番木瓜‘台農11號-小寶’之育成	徐智政、邱國棟、 李文立	1
棗‘台農13號-雪麗’於溫室及網室栽培生理特性差異	郭展宏、陳薪曉、 邱國棟	15
溫度對花椰菜花球發育調控的影響	林楨祐、陳宣蘋、 李香誼、夏奇鈺	25
耐熱青蔥品種與覆蓋技術緩解夏季高溫對青蔥生育之影響	李香誼	35
評估畦面不同覆蓋材質對辣椒栽培影響	王三太、李香誼、 許秀惠、王佳暉、 許馨云	45
施用激勃素GA ₃ 減少鳳梨釋迦異常落果之研究	方信秀、黃淑慧、 馬秀燕、徐智政、 邱國棟	51
紅龍果經檢疫蒸熱處理後對外觀與櫥架壽命之影響	劉碧鵬、陳薪曉	61
建立結球萵苣增加碳匯之栽培模式	羅惠齡、李碩朋	73

番木瓜‘台農 11 號-小寶’之育成

徐智政¹、邱國棟¹、李文立²

¹農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系

²農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所

摘要

番木瓜‘台農 11 號-小寶’係鳳山熱帶園藝試驗所以‘台農 2 號’經自交分離之品系為母本，以菲律賓 carabao solo 自交後代選優純化品系為父本之一代雜交種。本品種兼具‘台農 2 號’之良好生長習性在栽培管理方面較易掌握，平均果重約 800-900 公克，果型長橢圓形，平均果實重量較‘台農 2 號’小，因此較適合小家庭食用。另外，果肉呈橙黃色，顏色討喜，與‘台農 2 號’果肉紅色的特性具有市場區隔性及打破市場單一品種缺憾的潛力，且單節著果數高、結果整齊、畸形果少，儲運性佳，深具未來推廣潛力。

關鍵詞：番木瓜、‘台農 11 號-小寶’

緒言

番木瓜 (*Carica papaya* L.) 為半草本熱帶果樹，屬番木瓜科 (Caricaceae)，番木瓜屬 (*Carica*)。番木瓜科共有 4 個屬合計 31 個種，台灣種植的番木瓜是清朝末年由中國大陸引入，在台灣栽培已有百年歷史，西元 1940 年以前，因為番木瓜品種特性不佳且栽培技術落後，所生產的番木瓜品質不佳，通常是作為副業栽培，面積約 300 公頃，隨著農業試驗所投入研究人力與經費進行品種改良、栽培技術改進，品質提升及營養價值被確認後，消費需求量增加，栽培面積也逐漸擴大。由於番木瓜栽培容易、生長迅速，從栽植到結果僅需 9-10 個月就可收穫，總產量高且全年不間斷的結果，使番木瓜成為台灣重要經濟果樹之一(王等, 2006; 徐等, 2024)。

近年來台灣番木瓜品種選育工作隨著各研究、學術機關與種苗公司積極研發，亦有相當輝煌成就。自民國 60 年代以來，農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所陸續育成‘台農 1 號’、‘台農 2 號’、‘台農 3 號’、‘台農 5 號’、‘台農 6 號’、‘台農 10 號’，其中‘台農 1 號’因果皮厚及耐儲運，成為中南美洲主要品種；‘台農 2 號’則為目前台灣最主力栽培品種；‘台農 3 號’、‘台農 5 號’及‘台農 6 號’則因果肉品質、果肉顏色、儲運特性及產量不佳等因素，目前已無推廣種植，102 年推出之國內第一個黃肉大果的‘台農 10 號-橙寶’目前授權至興農股份有限公司生產、繁殖及推廣中。種苗改良繁殖場育成全世界第一個全兩性

番木瓜品種‘種苗 7 號’；高雄區農業改良場則育成‘高雄 9 號-日光’品種，具有高糖度、果實中小型及果肉厚等特，因經評估不適合國內栽培，目前已境外授權予墨西哥種苗公司；台灣大學育成強耐木瓜輪點病品種‘台大 8 號’；農友種苗股份有限公司則育成‘紅妃’品種，此品種因耐病毒、大果且矮生及豐產等特性，在國內外頗富盛名，行銷至世界多國，目前為印度最主要的栽培品種(徐等，2022；徐和李，2024)。

據 2023 年農業年報統計，全台灣番木瓜栽培面積為 2,709 公頃，以屏東縣和台南市為主要生產地，約佔總裁培面積 49%。國內目前主要的栽培品種為 1982 年農業試驗所鳳山分所選育之‘台農 2 號’番木瓜(圖 1)，其特性為生育強健、產量豐碩、植株始果節位中低、果柄長、果實風味香甜深受消費者喜愛等優點，雖然已經育成 40 多年，仍獨佔國內番木瓜生產量的 90% 以上，少數為‘日陞’及‘紅妃’品種。多年來雖然有許多番木瓜新品種被選育出，仍無法取代‘台農 2 號’獨大的市場現況。番木瓜‘台農 2 號’除上述殊多優點外，但仍有易受氣候暖化導致植株開花性不佳及無法正常著果、成熟果實口感較軟爛、不耐貯運及果實稍大較不受小家庭消費族群青睞等缺點(徐等，2024；Paull *et al.*, 1997)。

為因應許多消費者需求，新的優質番木瓜品種進入消費市場提供多元性選擇，並滿足時新口味的消費需求且協助分散產業，讓農民收益穩定。鳳山分所傳承以往在番木瓜育種工作的成果，因而進行大幅度品種選育改進，育成番木瓜‘台農 11 號-小寶’(本文簡稱‘台農 11 號’)新品種，本品種栽培方式及產量與現有栽培品種近似，果肉呈橙黃色、口感 Q 彈，平均果實重量較‘台農 2 號’小，適合小家庭食用，且單節著果數高、結果整齊、畸形果少、櫥架壽命佳，深具未來推廣潛力。本文介紹其育成過程及其特性，供生產農民及消費大眾參考(圖 2)。

親本來源及育成經過

番木瓜‘台農 11 號’，本品種自鳳山熱帶園藝試驗分所以‘台農 2 號’經自交分離之品系為母本，以菲律賓 carabao solo 自交後代選優純化品系‘98103101’為父本之品系雜交後代篩選出優良單株之營養繁殖系，經過田間選拔及無性繁殖的田間調查與比較試驗，111 年完成番木瓜「台農 11 號-小寶」品種權申請和取得品種權證書(品種權字第 A02832 號)及 113 年農業部智審會通過並完成非專屬品種授權。

品種特性概要

番木瓜‘台農 11 號’屬於低著果型(台農 11 號-始果高度 66.86 ± 3.33 cm；台農 2 號-始果高度 96.00 ± 9.53 cm)，成熟植株莖之顏色為淺灰褐色；植株成熟葉片之葉長(71.29 ± 1.35 cm)、葉寬(80.03 ± 1.05 cm)及葉柄長度(102.84 ± 2.84 cm)均較‘台農 2 號’大，因此植株形態上之開張程度較‘台農 2 號’大，葉面積指數高

(表 1, 表 2), 宜種植於避風位置。‘台農 11 號’單節著果數高, 每節之花數約有 4-6 個 (‘台農 2 號’平均每節花數約 1-3 個), 平均每節著果可達 2-5 顆且畸形果少, 果實發育屬極晚型(自開花至採收約 165 天以上), 必要時需疏果以提高果實品質, 可提升整體產量, 且具長果柄特性(平均花序主軸長度 35.17 ± 2.63 mm; 平均小花梗長度 10.87 ± 1.45 mm)(表 3), 果實生長空間容易分配, 較不易擠壓變形, 因此結果整齊, 使農民於病蟲害防治時較易均勻灑佈及採收可留住果柄, 以減少蒂腐病的發生。‘台農 11 號’對木瓜輪點病毒較敏感, 不宜露天栽培, 應於防蟲設施內進行生產, 以降低罹病機率。果實平均重量約 800-900 公克, 果型長橢圓形(平均果長 17.36 ± 0.25 cm; 平均果寬 8.66 ± 0.30 cm), 平均果實重量較‘台農 2 號’小 (表 4-1, 表 4-2)。另外, 果肉呈橙黃色, 顏色討喜, 與‘台農 2 號’果肉紅色的特性具市場區隔性及打破市場單一品種缺憾的潛力, 以增加品種多樣性。果肉具淡花香氣, 密實度高, 纖維細, 果肉過熟時較不具‘台農 2 號’之羶味, 容易讓不敢吃木瓜之消費族群接受; 另外‘台農 11 號’果皮及肉質較‘台農 2 號’厚而 Q 彈, 具耐儲運特性。依果實後熟試驗中顯示, 在果實採收 1 天後, ‘台農 11 號’與‘台農 2 號’呼吸率平均 $5-6 \text{ mLCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 無顯著性差異, 第 2 天後‘台農 11 號’呼吸率大幅度上升至 $14 \text{ mLCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 採收後 3 天呼吸率達最高為 $17.76 \text{ mLCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 至第 4 天後逐漸下降, ‘台農 2 號’也呈現相似的趨勢(圖 3)。在乙烯釋放速率中, 自採收後第 1 天‘台農 11 號’與‘台農 2 號’乙烯釋放率即大幅度上升, 而兩者間無顯著差異; 自採後第 2 天起至第 6 天, ‘台農 2 號’於果實採收後第 4 天乙烯釋放率達最高為 $1.47 \text{ uLCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, ‘台農 11 號’則於果實採收後第 3 天乙烯釋放率達最高為 $1.19 \text{ uLCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 整體來說, ‘台農 2 號’果實採收後 2-5 天之平均乙烯釋放量皆高於‘台農 11 號’, 且達顯著性差異(圖 4)。在果實硬度與果實總可溶性固形物變化方面, 採收時果實表皮自綠色轉為黃色, 平均硬度為 28-29 N, ‘台農 11 號’與‘台農 2 號’果實自採收後 2 天硬度皆趨緩下降, ‘台農 11 號’為 26.06 N、‘台農 2 號’為 22.91 N, 採收後第 4 天則大幅度下降, ‘台農 11 號’為 7.55 N、‘台農 2 號’為 5.45 N, 爾後則趨於平緩, 在番木瓜採後果實硬度變化整體‘台農 11 號’較‘台農 2 號’可保持果實硬度(圖 5)。在果實總可溶性固形物變化方面, ‘台農 11 號’自採收後至第 10 天其平均總可溶性固形物為 10.8-12.2 °Brix 較‘台農 2 號’平均 °Brix 可溶性固形物為 11.4-17.5 °Brix 果實總可溶性固形物變化較趨緩(圖 6)。綜上表示‘台農 11 號’後熟程度較‘台農 2 號’緩慢, 儲架壽命高, 可增加外銷機會, 未來深具推廣潛力。

栽培管理方式及應注意事項

番木瓜屬於半草本熱帶果樹, 栽培容易且高產, 能周年生產, 是臺灣重要水果之一。歷經試驗單位的持續改良與輔導, 使栽培面積一度達到 6,000 公頃, 然 1975 年初次發現輪點病毒病以來, 病毒病快速肆虐, 無有效防治方式, 因此限制

了木瓜產業的發展。自開始推廣網室栽培，利用防蟲網來阻隔病毒病傳染媒介蚜蟲，有效遏止了病毒病的傳播與感染，為臺灣木瓜開啟了設施栽培的新里程。木瓜網室栽培雖可降低病毒病的感染率，但因為通風不佳，容易發生病蟲害，蟲害以蟎類為主，其中以神澤氏葉蟎（俗稱紅蜘蛛）及二點葉蟎居多，其繁殖快速且抗藥性強；另外，木瓜秀粉介殼蟲也防治不易，常造成生產上極大威脅。在夏季連續降雨時的高溫多濕環境易有主要病害：炭疽病及疫危害，嚴重影響木瓜產量與品質。番木瓜為草質淺根性作物，最忌淹水，根系淹水 1-2 天便會樹勢衰弱或導致根系腐爛，進而嚴重影響產量，每逢梅雨或颱風季節遭受之損害，造成產量劇烈變動，連帶影響市場價格，供貨不穩及採收後貯藏病害的發生。因此栽培地宜選擇排水良好，地下水位低，土壤通氣良好之處，如田間電力許可，可考慮裝設抽水設備以利田間在汛期期間，短時間內排除田間積水以避免行溝間淹水時間過久造成影響。番木瓜不耐旱，必須持續灌溉以維持其生育正常，因此，應選擇水源無污染且供應無虞之耕地，田區如有自用抽水井可搭配管路(噴灌、滴灌)進行灌溉。木瓜種苗有實生苗、組培苗、扦插苗及嫁接苗等 4 種，目前目前農民多選擇後 3 種無性繁殖苗來取代實生苗，可節省選留兩性株的管理成本及能提早開花與採收。‘台農 11 號’為雜交後代篩選出優良單株之營養繁殖系，主要以無性繁殖為主要種苗生產及販售為主。木瓜種植時間全年皆可進行，在臺灣主要種植期為自 9 月-隔年 2 月之秋冬季節，由於夏季高溫及雨季已結束，此時期溫度適宜且無淹水之虞，但需考量，定植後 7-10 個月的植株正值結果盛期，適逢 5-9 月的梅雨季及颱風季，遭遇雨害及風害之風險提高，受損植株之果實生長與樹體修復同時需要大量光合成產物供應營養，時常造成植株衰弱，影響產量及品質，可藉由調整至春夏季種植，或利用疏花果來延後開始結果時間，以降低風險。番木瓜植株高大且著果部位隨著植株生長而向上延伸，葉片寬大且葉柄細長，對風害的抵抗能力差。本品種屬低著果型，成熟植株莖之顏色為淺灰褐色；植株成熟葉片之葉長、葉寬及葉柄長度均較‘台農 2 號’大，因此植株形態上之開張程度較‘台農 2 號’大，葉面積指數高，宜種植於避風位置(圖 7)。木瓜兩性株的花性容易受到樹勢、環境及溫度的影響而有所變動，如樹勢衰弱、掛果量多、光合成碳源不足及高溫 (35°C 以上)(Lange, 1961) 容易造成花性偏雄，雌蕊退化，產生偏雄花及香蕉形果，反之，若樹勢強、氮肥多、結果量少及低溫 (17°C 以下) 或溫差過大 (超過 10°C) 則容易造成花性偏雌，雄蕊心皮化，產生畸形或五裂形花與果，因此開花期應及早摘除畸形花蕾或畸形幼果，通常中央花蕾具畸形花比率較高，提早摘除可促進兩側正常花蕾發育。木瓜開始開花後，營養生長 (莖葉) 與生殖生長 (花果) 並行，開花後每節可著生 1-4 顆果實，在環境逆境、結果過多及樹勢不良，導致無法正常著果，會有結果中斷現象發生；一般果實自開花至採收之天數依氣候約 130-160 天(Sankat and Maharaj, 1997)，溫度越高成熟越快採收天數縮短，反之則延長。‘台農 11 號’果實發育屬極晚型(自開花至採收約 165 天以上)，單節著果數高，每節之花數約有 4-6 個 (‘台農 2 號’平均每節花數約 1-3 個)，平均每節著果可達 2-5 顆且畸形果少(圖 8)，依樹勢控制留果量，並維持葉片健康，必要時需疏果以提高果實品質，可提升整體產量。木瓜植株不耐風雨，尤其

在結果盛期，繁茂的葉片和果實容易形成頭重腳輕的態勢，需給予適當支撐牽引，否則很容易遭受風吹折傾倒，因此著果後達中果期時，需插立支柱，可避免因大量果實負載而造成倒伏。木瓜根屬於肉質根，對水分極為敏感，乾旱或浸水均會影響植株生育，過於乾旱時下位葉提早黃化脫落，導致植株發育不良及減產等；若長時間浸水，含水量過高，土壤質地過於黏重，容易導致根部腐爛或發育受阻，嚴重則造成植株發育遲滯甚至死亡。本品種具長果柄特性，果實生長空間容易分配，較不易擠壓變形，因此結果整齊(圖 9)，使農民於病蟲害防治時較易均勻灑佈藥劑，採收時可留住果柄，以減少蒂腐病的發生。本品種對木瓜輪點病毒較敏感，不宜露天栽培，應於防蟲設施內進行生產，以降低罹病機率；另番木瓜為連續採收作物，栽培期間容易遭受炭疽病、疫病、蒂腐病、紅蜘蛛、介殼蟲等病蟲害侵襲，可參考植物保護手冊持續進行病蟲害防治，颱風後則加強根腐病、果實儲藏性病害(如果疫病、炭疽病及蒂腐病等)病害防治。為減少使用化學合成農藥並符合安全用藥規範，可運用 IPM 管理措施及環境友善資材，落實清園、少量關鍵性農藥之綜合防治方法，以提高用藥之安全性並降低成本。肥培管理方面可採用環境友善之方式，定植初期可採用草生栽培以提高植株存活率，再行覆蓋塑膠布或抑草蓆。栽培期間作業車道可維持草生栽培以增加保持土壤有機質含量，並結合省工、省肥及省水的高效率肥灌管理系統，以定期利用滴管或噴袋以施用水肥之方式降低化學肥料施用之施用量，並配合定期土壤肥力檢測，了解土壤肥力變動情形，適時以少量多餐之方式補充肥力之不足。番木瓜健康生產管理主要以「預防為主、治療為輔的防治策略，達到節省成本，有效防治之目的」，透過果園實施徹底清園、以降低病蟲害發生，再搭配導入天然之病蟲害非化學合成保護資材及安全用藥之施行，可有效防治病蟲害問題，以量產高品質且安全的木瓜供消費者享用，同時也能維護環境生態。

結論與展望

番木瓜‘台農 11 號’具有結果部位低、產量高品質佳、果柄長容易採收，植株耐氣候變遷畸形果少、結果整齊及貯運性及儲架壽命高等特性，其植株的栽培方式與現行栽培最廣泛的‘台農 2 號’相差無幾，讓專業栽培者容易上手。‘台農 11 號’果肉色橘黃等特性果量適中，因應現代生活習慣，適合小家庭或個人食用及禮盒包裝，肉質口感細緻 Q 彈且帶有花香味，未來可提供消費者更多的選擇，期望未來將是國內番木瓜栽培者與消費者值得期待的一個新品種。

引用文獻

1. 王德男、劉碧鵬、李文立. 2006. 台灣番木瓜產業之變遷. 台灣木瓜產業發展研討專刊. 行政院農業委員會農業試驗所編印. p. 1-20.
2. 徐智政、邱國棟、李文立. 2024. 橙黃果肉、自帶花香 台農 11 號-小寶 風味絕佳 木瓜界新星耐逆境、更豐產. 豐年社. 74(1):6-9.
3. 徐智政、邱國棟、李文立、蔡志濃、謝廷芳. 2022. 番木瓜新品種「台農 11 號-小寶」導入 IPM 管理技術~創新市場、兼顧食品安全與環境永續. 農試所技術服務季刊. 132:41。
4. 徐智政、李文立. 2024. 木瓜耐候性早期篩選生理指標建立. 農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所成果發表研討會專刊. p. 1-6.
5. 黃士晃、潘佳辰、吳雅芳、陳盈丞、楊藹華、鍾瑞永、黃瑞彰. 2020. 木瓜栽培管理技術. 行政院農業委員會台南區農業改良場編印.
6. Chan, Y.K., 2009. Breeding Papaya (*Carica papaya* L.). Breeding plantation Tree Corps: Tropical Species, In: Jain, S.M., Priyadarshan, P.M. (eds.). Springer New York, p. 121-159.
7. Guo, J. H., M. C. Hsu, K. D. Chiou, W. L. Lee, and Y. S. Liang. 2022. Studies on the physico-chemical changes in fruits of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lam.) ‘Tainung No. 9’, ‘Tainung No. 12’ and ‘Tainung No. 13’ during development and storage. J. Taiwan Agric. Res. 71(3):209–229.
8. Lange, A. H. 1961. The effect of temperature and photoperiod on the growth of *Carica Papaya*. Ecology 42(3):481-486.
9. Paull, R. E., W. Nishijima., M. Reyes. and C. Cavaletto. 1997. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). Postharvest Biol. Technol. 11:165-179.
10. Sankat, C. K. and R. Maharaj. 1997. Papaya. In: Mitra, S.K. (ed.). Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits. CAB International. p. 167-189.

The Breeding of New Papaya Variety ‘Tainung No.11-Little Baby’

Chih-Cheng Hsu¹, Kuod-Dung Chiou¹, and Wen-Li Lee²

¹Department of Tropical Fruit Trees, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture.

²Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture.

ABSTRACT

Papaya ‘ Tainung No.11 - Little Baby ’ is a cross-bred variety by the self-crossed line of Tainong No. 2 as the female parent and the self-crossed line of Philippines Carabao solo as the male parent. This variety has the good growth traits of Tainung No. 2, such as prone to managing average fruit weight at about 800-900 grams, which is smaller than that of Tainung No. 2 and suitable for small families, oblong fruit shape and orange flesh. It is obvious to distinguish from Tainung No. 2 for its red pulp, so that has market segmentation and the potential to break the single variety in the market. It also has high fruiting rate on single node, high uniformed fruit, less malformed fruits, and good storagibility, which has great potential for future promotion.

Key words: papaya, ‘Tainung No.11-Little baby’

表 1. 番木瓜‘台農 11 號-小寶’與‘台農 2 號’植株特性比較表。

Table 1. Comparison on plant characteristics of ‘Tainung No.11-little baby’ and ‘Tainung No.2’.

Varieties	PH ^y (cm)	SW (cm)	SD (cm)	HFFS (cm)	NL (piece)
Tainung No.11	277.14±21.97 b ^z	302.14 ± 5.85 a	9.7±0.77 b	66.86±3.33 b	23.86±1.60 b
Tainung No. 2	309.86±10.45 a	266.29±12.39 b	12.4±0.80 a	96.00±9.53 a	29.43±1.97 a

^z Means followed by the different letters are significantly different at 5% level by one-way ANOVA.

^y Abbreviation, PH: Plant height; SW: Spread width; SD: Stem diameter; HFFS: Hight of first fruit set; NL: Number of leaves.

表 2. 番木瓜‘台農 11 號-小寶’與‘台農 2 號’葉片性狀比較表。

Table 2. Comparison on leaf characteristics of ‘Tainung No.11-little baby’ and ‘Tainung No.2’.

Varieties	PL ^y (cm)	PD (cm)	LL (cm)	LW (cm)	DBE (mm)
Tainung No.11	102.84±2.84 a ^z	1.34±0.08 a	71.29±1.35 a	80.03±1.05 a	34.91± 1.82 a
Tainung No.2	95.74±5.52 b	1.44±0.03 a	63.43±3.16 a	67.57±3.50 a	28.36± 2.25 b

^z Means followed by the different letters are significantly different at 5% level by one-way ANOVA.

^y Abbreviation, PL: Petiole length; PD: Petiole diameter; LL: Leaf length; LW: Leaf width; DBE: The distance between each.

表 3. 番木瓜‘台農 11 號-小寶’與‘台農 2 號’花性狀比較表。

Table 3. Comparison on flower characteristics of ‘Tainung No.11-little baby’ and ‘Tainung No.2’.

Varieties	FFN ^y	LPS (mm)	LHC (mm)	LSFS (mm)
Tainung No.11	16.00±0.72 a ^z	35.17±2.63 a	38.02±1.58 a	10.87±1.45 a
Tainung No.2	17.29±0.94 a	24.85±1.92 b	39.38±3.22 a	6.31±0.33 b

^z Means followed by the different letters are significantly different at 5% level by one-way ANOVA.

^y Abbreviation, FFN: First florescent node; LPS: Length of primary stem; LHC: Length of hermaphrodite corolla; LSFS: Length of small flower stem.

表 4-1. 番木瓜‘台農 11 號-小寶’與‘台農 2 號’果實品質比較表。

Table 4-1. Comparison on plant characteristics of ‘Tainung No.11-little baby’ and ‘Tainung No.2’.

Varieties	LF (cm)	LP (cm)	FD (cm)	DP (cm)
Tainung No.11	17.36±0.25b ^z	13.66±0.28 b	8.66±0.30 a	4.35±0.28 a
Tainung No.2	20.90±0.43a	16.88±0.24 a	8.83±0.09 a	4.91±0.11 a

^zMeans followed by the different letters are significantly different at 5% level by one-way ANOVA.

^yAbbreviation, LF: Length of fruit; LP: Fruit diameter; FD: Fruit diameter; DP: Diameter of pith.

表 4-2. 番木瓜‘台農 11 號-小寶’與‘台農 2 號’果實品質比較表。

Table 4-2. Comparison on plant characteristics of ‘Tainung No.11-little baby’ and ‘Tainung No.2’.

Varieties	FT (cm)	WF (g)	SW (g)	TSS (°Brix)
Tainung No.11	2.03±0.08 a	810.04±57.75 a	97.66±8.16 a	11.45±0.54 b
Tainung No.2	1.93±0.07 a	923.25±76.52 a	103.04±8.01 a	13.72±0.41 a

^zMeans followed by the different letters are significantly different at 5% level by one-way ANOVA.

^yAbbreviation, FT: Flesh thickness; WF: Weight of fruit; SW: Skin weight; TSS: Total soluble solids.



圖 1. 番木瓜‘台農 2 號’為目前台灣主要栽培品種。

Fig.1. Papaya ‘Tainung No. 2’ is currently the main cultivated variety in Taiwan.



圖 2. 番木瓜‘台農 11 號’果肉橙黃色、儲運性佳。

Fig.2. Papaya ‘Tainung No. 11’ has orange-yellow flesh and excellent storage and transport qualities.

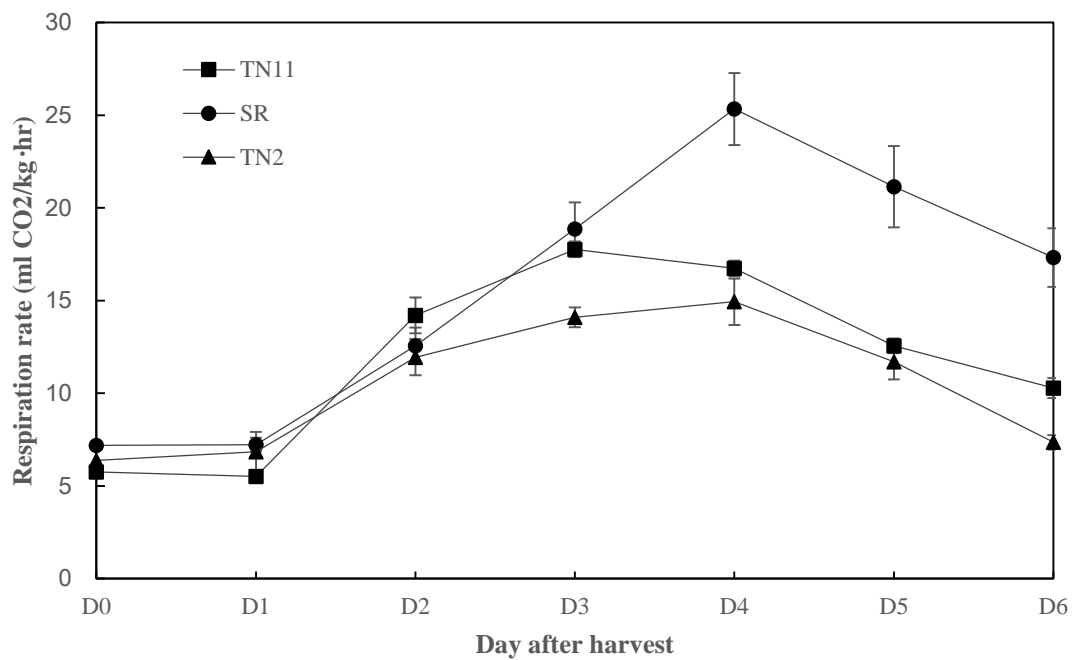


圖 3. 番木瓜‘台農 11 號-小寶’與‘台農 2 號’果實呼吸率。

Fig.3. Change in respiration rate of ‘Tainung No.11-little baby’ and ‘Tainung No.2’ papaya fruit.

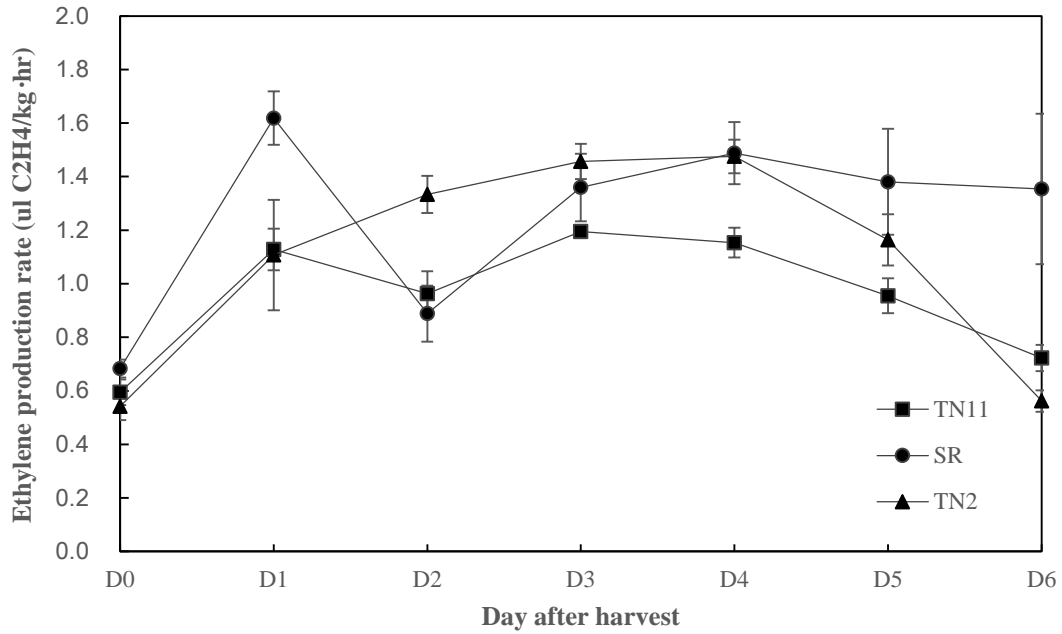


圖 4. 番木瓜‘台農 11 號-小寶’與‘台農 2 號’乙烯產生速率。
 Fig.4. Change in ethylene production of ‘Tainung No.11-little baby’ and ‘Tainung No.2’ papaya fruit.

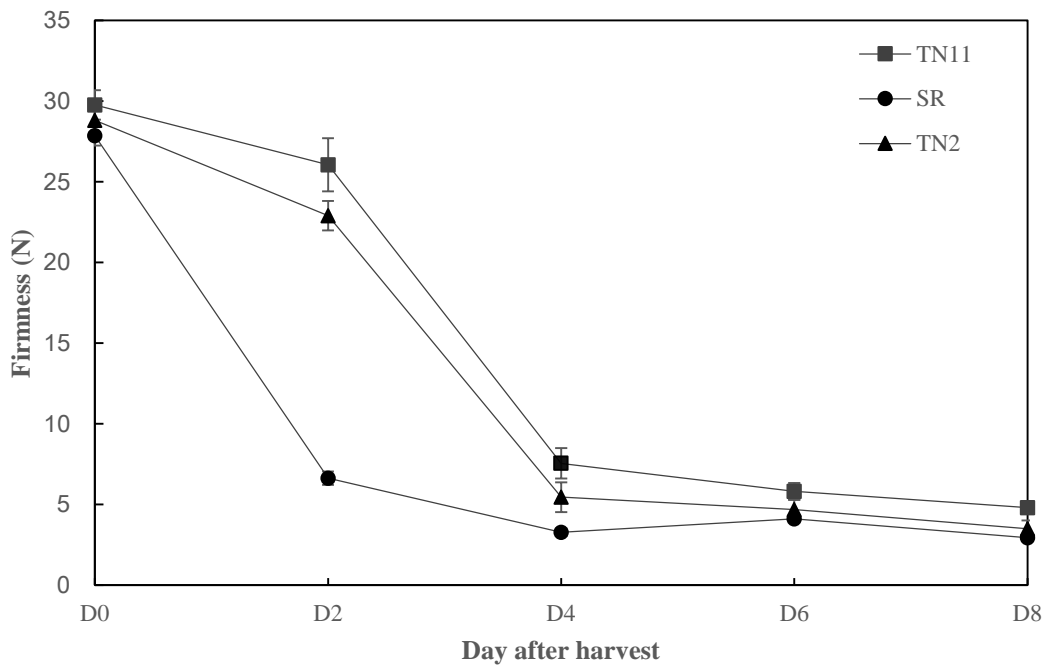


圖 5. 番木瓜‘台農 11 號-小寶’與‘台農 2 號’果實硬度變化情形。
 Fig.5. Change in firmness of ‘Tainung No.11-little baby’ and ‘Tainung No.2’ papaya fruit.

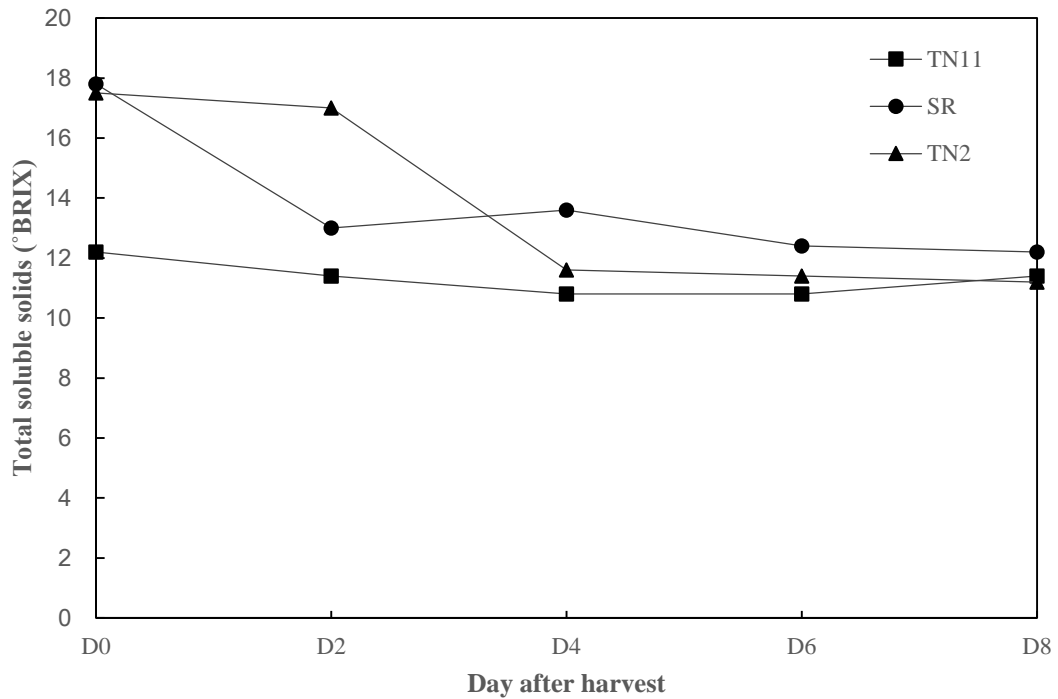


圖 6. 番木瓜‘台農 11 號-小寶’與‘台農 2 號’果實總可溶性固形物變化情形。
 Fig.6. Changes in fruit total soluble solids of ‘Tainung No.11-little baby’ and ‘Tainung No.2’ papaya fruit.



圖 7. ‘台農 11 號’ (左) 植株形態上之開張程度較 ‘台農 2 號’ (右) 大，葉面積指數高。
 Fig.7. The canopy of 'Tainung No. 11' (left) is more spread out than 'Tainung No. 2' (right), with a higher leaf area index.



圖 8. '台農 11 號' 平均每節可著果達 2-5 顆且畸形果少，必要時可疏果以提高果實品質。
Fig.8. 'Tainong No. 11' can produce an average of 2-5 fruits per node and has few deformed fruits.
If necessary, the fruits can be thinned to improve fruit quality.



圖 9. 番木瓜 '台農 11 號'，著果位置屬低著果型、結果整齊。
Fig.9. Papaya 'Tainong No. 11' bears fruit at a low position on the plant, and the fruits are set uniformly.

棗‘台農 13 號-雪麗’於溫室及網室栽培生理特性差異

郭展宏、陳薪嘒、邱國棟

農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系

摘要

為因應極端氣候，以溫室設施栽培棗是一種新的栽培管理模式，本試驗以棗‘台農 13 號-雪麗’為試驗材料，比較溫室與傳統網室栽培模式差異與進行可行性評估；試驗結果顯示，溫室內光量子大約為網室的 70-80%，溫室設施內光量子達 600-800 $\mu\text{mole}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ 以上時，達到光飽和點；營養生長在枝長、葉片數、最大葉長、最大葉寬以溫室的數值高於網室，網室栽培期開花數平均 9.75 朵顯著較溫室 4.44 朵多，結果以溫室較網室較早結果、果實數較多且果實較大，果實品質以溫室栽培果實平均為 121.6 g 略大於網室 119.6 g，總可溶性固形物以溫室平均 13.96 °Brix 略高於網室 13.32 °Brix；因此，以溫室栽培棗具有可行性，且果實品質更佳。

關鍵詞：溫室設施、印度棗、果實品質

緒言

棗(*Ziziphus mauritiana* Lam.)果皮翠綠色有光澤，果肉甜、脆、多汁，抗氧化能力強且營養豐富，又稱蜜棗、印度棗、棗子或青棗，起源於南亞和中亞，經阿富汗傳播到北非和印度、華南、馬來西亞、澳大利亞等地；耐旱且環境適應力強，分布區域廣泛且具有非常多樣的基因型，是乾旱及半乾旱地區重要的經濟栽培果樹之一 (Akath and Meghwal, 2020)。棗果實除了鮮食外，果實尚可製成成果乾或蜜餞，還有許多加工利用如製成酒類、果汁、醋、或加入糕餅等產品；棗樹運用範圍更廣泛，葉可做動物飼料或提煉萃取物有助於提升免疫力，棗花可用來飼養蜜蜂並供應一部分蜜源及花粉來源，樹皮可做染料，樹幹可做燃料、家具、生物炭，根部萃取物亦有保健功效，全株皆有運用的價值，值得開發多元運用。棗何時傳入臺灣已不可考(陳, 1990)，經多年實生後裔的品種選育及栽培技術改進，棗果品質逐漸被消費者肯定，成為冬季特色水果之一，深具出口潛力(邱, 2012；2013)；根據2023年農業部農糧署農業統計年報，全臺灣棗種植面積約為1,747公頃，總產量為30,895公噸。主要種植面積為高雄市(占42.2%)，其次為屏東縣(29.7%)、臺南市(15%)。依據農業部(2020)農產品貿易統計資料顯示外銷量從105年406公噸至110年提升至839公噸。

設施栽培為目前常見因應氣候變遷之措施，目前全球應用於蔬菜及花卉類較多；另在果樹方面，因果園需較大生產種植空間，故實際運用相對較少，臺灣果樹初始係應用於網室栽培葡萄、木瓜、棗及無花果等。設施栽培在果樹應用上主要目的有二，第一是保護作物減少外在不良環境對於果樹生長干擾造成的損失，例如防風、防雨、防寒及蟲害防治等；其次為創造果樹生育適合環境，以利產期調節或產量最佳化等管理操作，並提升果實品質穩定生產，近年來許多國家如日本利用設施栽培高級芒果，韓國設施生產柑橘，溫室生產櫻桃及草莓等等。臺灣溫室栽培比較常見的是蔬菜特別是葉菜類、果菜類如小番茄、小黃瓜、甜瓜類等花卉則以洋桔梗、蘭花如蝴蝶蘭、文心蘭為主要，近幾年果樹類如葡萄、芒果、木瓜、棗、藍莓、草莓等莓果類也逐漸開始進入溫室栽培(郭等，2024)。

棗在設施栽培的演進歷史上，第一次為果實蠅防治，於1997年前後開始由露天栽培走入網室栽培(張，1997；1999)，減少蟲害果後提升果實品質並逐漸開始讓消費大眾接受，所以網室栽培也逐漸地被農民朋友接受普及而成為主流。近年來受氣候變遷影響，棗於開花期特別容易遇到連續陰雨導致開花延遲、授粉不良不結果甚至結果後被雨水打落、造成減產甚至完全歉收的情形；另外，採收時遇到寒流及春季降雨及寒害，造成棗果皮開裂，也會造成嚴重的損失；因此，近年來棗開始進入溫室及遮雨設施管理，此種由網室設施進入溫室設施的栽培管理，是屬於進階版的培育模式。以下介紹溫室設施內栽培「台農13號-雪麗」(‘Tainung No. 13-Shirley’，簡稱「台農13號」，‘TN13’)之初步生理特性、生育情形差異及果實品質優缺點，可提供農友及各界有興趣的朋友作為初步的產業參考，且更有利於因應氣候變遷下的棗產業栽培管理之調適，以期未來持續精進共同提升棗產業。

棗於溫室設施內環境差異及光合作用特性

光是直接提供作物葉片行光合作用所需能量，光質影響作物型態發育及生理反應，光週期則是影響開花的重要因子，在農業上測量光單位以光量子(Quantum)表示，單位為 $\mu\text{mole}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ (姚，2011)；本試驗同時以光量計(Spectrum牌，3415F型)及光合作用量測照度計(泰仕電子工業，TES-1339P型)，單位為lx；兩儀器同時於晴朗無雲藍天下測定比較鄰近之露天、網室及塑膠布溫室栽培棗之間的光量子及照度差異進行試驗，以同一地點鄰近露天、網室及露天進行量測，每分地選東西南北方向的4個位點，每位點以儀器進行量測4次，後將量測數值進行平均計算；結果如表1，顯示網室大約為露天的80-90%，塑膠布溫室大約為網室的70-80%，塑膠溫室大約為露天的60-70%，顯示栽培在溫室的棗其光量較網室及露天為少；又長年使用之塑膠布溫室其因塑膠布上灰塵及劣化可能導致其光量為露天的45-55%，嚴重時可能更低。

棗為需光量很高的物種，溫室在選擇地點上要盡量選擇無遮蔽物(如竹林、山坡、農舍)的地方興建；另需注意溫室的防雨設施也會減少一些光量子(減少

10-30%)。在棗的生理研究方面，棗光補償點 $11-49 \mu\text{mole}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ，光飽和點 $1808-2000 \mu\text{mole}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ，光飽和點比一般C3型植物高，但存在飽和點，符合C3型植物特徵，因此認為棗屬於C3型植物，且其光合速率高於一般的果樹，此可能是棗生長快，結果早產量高的原因之一。棗不同品種的需光量是不同的，如‘翠蜜’和‘土棗’具有較高的光飽和點，表現出較強的需光性，‘五千’的光補償點和光飽和點相對於其他品種低，顯示喜光耐陰植物特性，建議溫室栽培可以選擇高產優質，葉片比較小的品種，比較容易栽培(姜等，2003)。

本試驗運用LI-6800(LI-COR公司)量測溫室栽培的台農13號成熟葉片，以觀察開花前葉片光飽和點，結果顯示光補償點在 $11 \mu\text{mole}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ (圖1)，因此，在溫室設施內光量子達 $600-800 \mu\text{mole}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 以上時，棗葉片可達到光飽和點，而溫室在一般情形其仍需光量子可達 $1000 \mu\text{mole}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ；因此，從葉片行光合作用的角度來看推測溫室栽培台農13號具有可行性，未來仍需進一步深入研究棗溫室設施內不同時期及不同品種之光飽和點特性作為生理研究供農友參考；以下進一步觀察溫室與網室栽培試驗下其營養生長、開花結果及果實品質特性情形。

溫室與網室設施內營養生長、開花結果及果實品質差異

為了解棗於溫室及網室(對照組)生長情形差異，試區為高樹林氏農友之溫室及網室，以相同修剪枝管理、肥培管理及授粉方式，調查栽培4年，取東、西、南及北向枝條，每試區隨機抽取4株進行調查，比較開花前之營養生長枝長(cm)、枝徑(cm)、分枝數、葉片數、節間長(cm)、最大葉長(cm)、最大葉寬(cm)情形差異，開花結果調查於開始開花後第15及30天，調查開花之花朵數、結果數及果實發育情形，果實品質差異則於採收適期隨機抽取成熟果實調查平均果重、總可溶性固形物、酸度及糖酸比作為代表。

在台農13號品種營養生長調查情形如表2及圖2A、B，結果顯示枝長、枝徑、分枝數、最大葉長及最大葉寬，均以溫室的數值比較高，但與網室栽培無顯著差異；另溫室栽培之平均葉片數達32.13片較網室20.63片高，差異顯著。推測可能原因為溫室栽培環境較為穩定，植株成長較無受逆境強風、雨水的干擾。

在開花及結果調查顯示，網室栽培的每一莖節開花數平均9.75朵顯著較溫室4.44朵高(表3及圖2C、D)，唯溫室較網室栽培者結果較早，經統計分析顯示開花第15天其溫室栽培之結果數平均1.31顆，較網室栽培的0.81個多；開花第30天結果數以溫室平均2.31個較網室1.0個多；在果實大小方面以溫室結果較網室的果實在15天時果長平均7.42 mm較大，30天時果長平均22 mm較網室3 mm大，果寬的趨勢同果長，顯示栽培於溫室其結果表現優於網室。

果實品質方面結果如表4及圖2E、F，顯示溫室栽培果實平均為121.6g略大於網室119.6g，總可溶性固形物以溫室平均13.96 °Brix略高於網室13.32 °Brix，酸度以溫室0.56%高於網室0.48%，糖酸比表現則以網室28.02明顯高於溫室24.84。

綜上試驗結果顯示台農13號於溫室設施栽培其營養生長如枝長、枝徑、分枝數、葉片數、最大葉長、最大葉寬在數據上略優於網室栽培；開花結果表現雖以網室開花數較溫室高，結果表現則以溫室栽培結果較早、果實發育較快且較大；果實品質也以溫室在果實重量、總可溶性固形物優於網室栽培。因此，以溫室栽培台農13號應具有可行性，且果實品質更佳。

結論與展望

近年受極端氣候加劇之影響，棗在開花結果及果實成熟時特別容易受到損傷，運用溫室設施栽培之技術開發刻不容緩，也亟需政府、學術研究及民間各單位整合共同努力，例如在品種開發上篩選低光飽和點之優質高產品種、開發農膜更優質理想透光特性，以及修剪與授粉技術時期及更精準掌握等等；以期未來能夠準確解決棗產業受氣候影響導致長期生產之不穩定性，達到量產更安全和優質的棗果品。

謝辭

本研究承農業部設施熱帶果樹整合性栽培技術套組驗證與擴散(110-113農科-1.6.7-農-C2)經費補助，感謝農友林春年先生等人多年熱心支援試驗場域及同事陳敬捷協助試驗調查，高碧霜及方信秀支援光量計及照度計使用，一併致上無限謝忱。

引用文獻

1. 行政院農業委員會農業統計年報. 2018. 107 Yearly report of Taiwan's agriculture. Council of Agriculture, Executive Yuan. Taipei, Taiwan. <<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=209>>.
2. 邱祝櫻. 2012. 印度棗健康管理技術專刊. 高雄區農業改良場技術專刊 (NO.3). p. 43.
3. 邱祝櫻. 2013. 台灣棗之栽培及其改進. 園藝之友 157:35-48.
4. 果樹學報 Journal of Fruit Science. 20(6):479-482.
5. 姜小文、易干軍、霍合強、張秋明、周碧容. 2003. 毛葉棗光合特性研究.
6. 姚明輝. 2011. 光度單位轉換問題之探討. 農業試驗所技術服務. 2011 年 03 月. 85 期. p. 26-29.
7. 陳敏祥. 1990. 本省印度棗栽培品種簡介. 台灣省農業試驗所技術服務 4:11-15.
8. 郭展宏、陳薪曉、邱國棟. 2024. 棗溫室設施栽培與管理模式簡介. 園藝之友 222:28-36.
9. 張麗華. 1997. 印度棗網室栽培. 提昇果樹產業競爭力研討會專集III.
10. 張麗華. 1999. 印度棗(*Zizyphus mauritiana* Lam.)果實發育之研究. 國立中興大學園藝學系碩士論文. 台中.
11. 農業統計年報. 113 年 1 月 <<https://www.moa.gov.tw/ws.php?id=195>>.
12. Akath S. and . P. R. Meghwal. 2020. Socio-economic and horticultural potential of *Zizyphus* species in arid regions of Rajasthan India. *Genet Resour Crop Evol.* 67:1301–1313.

Differences in Physiological Characteristics of Jujube 'Tainung No.13- Shirley' Cultivated in Greenhouse and Net House

Jhan-Hong Guo, Hsing-Liang Chen, and Kuo-Dung Chiou

Department of Tropical Fruit Trees, Fengshan Tropical Horticultural Experiment
Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture.

ABSTRACT

In order to cope with the extreme climate, cultivating jujube in greenhouse facilities is a new cultivation and management model. This experiment uses jujube 'Tainung No. 13-Shirley' as the test material to compare the differences between greenhouse and traditional net room cultivation models and conduct feasibility assessment; test The results show that the light quantum measurement in the greenhouse is about 70-80% of that in the grid room. When the light quantum in the greenhouse facility reaches more than 600-800 $\mu\text{mole}/\text{m}^2\cdot\text{s}$, the jujube leaves can reach the light saturation point; vegetative growth depends on the branch length, number of leaves, and maximum The leaf length and maximum leaf width in the greenhouse were higher than those in the net room. The average number of flowers blooming in the net room was 9.75, which was significantly higher than that in the greenhouse, 4.44. The results showed that the greenhouse produced fruit earlier, had more fruits and larger fruits than the net room. The average fruit quality of fruits cultivated in the greenhouse is 121.6g, which is slightly larger than that of the net room 119.6g. The total soluble solids are slightly higher than that of the greenhouse, 13.96 °Brix, which is 13.32 °Brix. Therefore, it is feasible to cultivate jujube in the greenhouse, and the fruit quality is better.

Key words: India jujube (*ziphys mauritiana* Lam.), cultivated in greenhouse, fruit quality

表 1. 不同栽培環境的光量子及照度差異。

Table 1. Differences in light quantum and illumination in different cultivation environments.

光單位種類別	栽培環境		
	露天	網室	溫室
光量子($\mu\text{mole}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)	1615.5 \pm 318.5	1451 \pm 89.76	1038.75 \pm 6.68
照度(lx)	73105 \pm 7505	60720 \pm 1700	49447.5 \pm 1685.84
	相對百分比(%)		
光量子($\mu\text{mole}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)	100	89.76	64.26
照度(lx)	100	83.05	67.64
光量子($\mu\text{mole}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)	--	100	71.59
照度(lx)	--	100	81.44

Mean \pm standard error (n = 4).

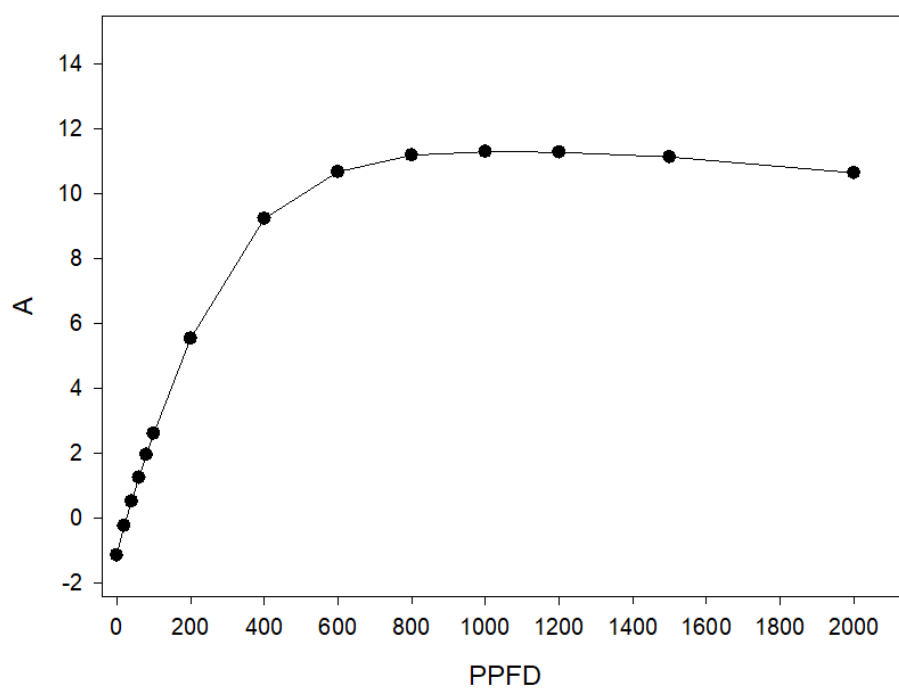


圖1. 棗「台農13號」在溫室設施栽培測量葉片光飽和情形(單位PPFD, 光量子： $\mu\text{mole}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)。

Fig 1. The light saturation of the leaves of jujube 'TN 13' was measured in greenhouse facilities (unit PPFD, light quantum: $\mu\text{mole}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$).

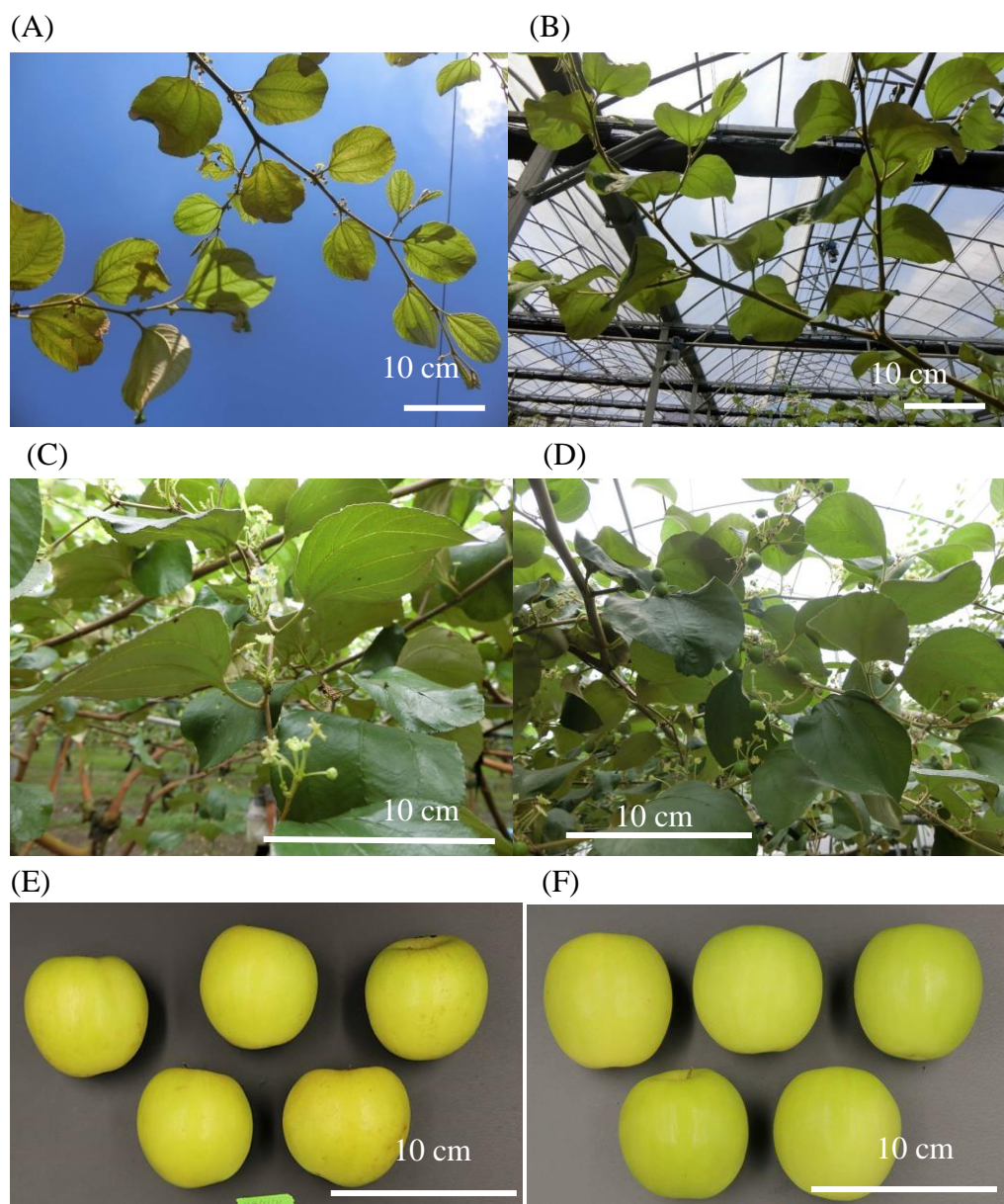


圖 2. 棗「台農 13 號」於溫室及網室栽培生長情形(A)左:網室內的營養生長 (B) 右:溫室內的營養生長 (C) 左:棗網室開花 15 天後結果情形(D) 右:溫室栽培開花 15 天後結果情形(E) 左:網室栽培的果實外觀(F) 右:溫室栽培的果實外觀。

Fig 2. Jujube 'TN 13' growth in greenhouse and net house (A) Left: Vegetative growth in the net house (B) Right: Vegetative growth in the greenhouse (C) Left: The fruiting situation after 15 days of flowering in the net house (D) Right: The fruiting situation after 15 days of flowering in greenhouse (E) Left: The appearance of the fruit cultivated in the net house (F) Right: The appearance of the fruit cultivated in the greenhouse.

表 2. 棗‘台農 13 號’於溫室與網室內的營養生長調查。

Table 2. Investigation on the vegetative growth of jujube ‘TN 13’ in greenhouse and net house.

	枝長(cm)	枝徑 (cm)	分枝數	葉片數	最大葉長(cm)	最大葉寬(cm)
網室	389.5±15.38a	5.09±0.27a	15.75±0.56a	20.63±1.6b	8.76±0.46a	9.16±0.32a
溫室	393.31±29.38a	5.45±0.2a	16.67±0.49a	32.13±1.19a	9.56±0.35a	9.65±0.33a

Mean ± standard error (n = 4). Means separation within column (capital letter) of same varieties with different production time. Different letters following the value represent significant difference according to t test at $P \leq 0.05$.

表 3. 棗‘台農 13 號’於溫室與網室內的開花結果調查。

Table 3. Investigation on flowering and fruiting of jujube ‘TN 13’ in greenhouse and net house.

調查日期	設施種類	開花數	結果數	果實長(mm)	果實寬(mm)
0915	溫室	4.44±0.34b	1.31±0.2a	7.42±0.7	5.83±1
	網室	9.75±0.49a	0.81±0.16b	--	--
0930	溫室	2.75±0.54a	2.31±0.22a	22±1.6a	19.56±0.99a
	網室	5.19±0.5b	1±0.2b	3±0b	2±0b

Mean ± standard error (n=16). Different letters following the value represent significant difference according to t test at $P \leq 0.05$ within the same date.

表 4. 棗‘台農 13 號’於溫室與網室內的果實品質調查。

Table 4. Investigation on fruit quality of jujube ‘TN 13’ in greenhouse and net room.

	果重 (g)	總可溶性固形物 (°Brix)	酸度 (%)	糖酸比
網室	119.62±4a	13.32±0.49a	0.48±0.04a	28.02±2.63a
溫室	121.6±4.47a	13.96±0.28a	0.56±0.08a	24.84±2.48a

Mean ± standard deviation (total soluble solids, titratable acidity, Sugar/acid Ratio, n=16. Different letters following the value represent significant difference according to t test at $P \leq 0.05$.

溫度對花椰菜花球發育調控的影響

林楨祐¹、陳宣蘋¹、李香誼¹、夏奇鈺²

¹農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所蔬菜系

²農業部農業試驗所遺傳資源及生物技術組

摘要

低溫環境下花椰菜的開花抑制基因 *FLOWERING LOCUS C (FLC)* 在花球發育前轉錄量下降，春化作用抑制 *FLC* 的表達。在 15°C 處理中，*BoFLC1* 與 *BoFLC2* 在花球發育前期與開花的前期，分別呈現轉錄量下降的趨勢，當 *BoFLC1* 與 *BoFLC2* 轉錄量第一次下降時，開始形成小花球並進入花球發育的階段，當 *BoFLC1* 與 *BoFLC2* 轉錄量第二次下降時，花苞形成與開花，花椰菜的 *BoFLC1* 與 *BoFLC2* 表達呈現 W 字型的模式。在自然環境的網室設施內，‘Bo-903’在日平均溫度 27.8°C (31.3°C / 23.2°C) 時可見到小花球的形成，‘Bo-903’的 *BoFLC1* 於第 42-56 天被抑制時朝向花球發育的階段，花球發育期時‘Bo-903’的 *BoFLC1* 轉錄量維持在低量，促使花球緩慢形成，*BoFLC2* 雖於在營養生長期的轉錄量逐漸減低，但在花球發育期因高溫導致轉錄量提高，顯示高溫環境下 *BoFLC2* 並非為主要調控花球形成者。在自然環境的網室內，‘Bo-905’於日平均溫度 25.1°C (28.8°C / 20.7°C) 時可見到小花球的形成，且 *BoFLC1* 與 *BoFLC2* 在花球發育前轉錄量皆下降，二個開花抑制基因對花球的發育彼此間呈現協同調控的機制。

關鍵詞：花椰菜、花球發育、開花抑制基因、溫度

緒言

花椰菜喜歡冷涼的環境，屬綠植株春化型作物，一般需經由春化作用來誘導花球的形成與發育，高溫環境會延遲莖頂分生組織發育成花球的時間 (Lin *et al.*, 2019b)。當低溫春化時活化了春化基因 *VERNALIZATION 2 (VRN2)* 的開花途徑並傳達調控訊息，經由 *VRN2* 調降開花抑制基因 *FLOWERING LOCUS C (FLC)* 的 mRNA 量使植物朝向開花的途徑發展 (Sheldon *et al.*, 2006)，許多蕓苔屬作物有低溫春化的需求才能誘導開花，春化過後的花椰菜在適當的環境條件下會表現出正常的花球發育 (Labate *et al.*, 2006)，但若在花球創始後再遭遇高溫，則會影響莖頂分生組織發育成花球的時間 (Lin *et al.*, 2023)。過去的發表多關注低溫條件下 *FLC* 的調節表現與誘導開花的反應，卻少有非春化溫度下 *FLC* 的表達及花球發育的資訊，由於熱帶地區的花椰菜在高溫的條件下，仍然有結球的表現，因此在非春化溫度下 *FLC* 的表達值得探究。除了經由低溫春化途徑調控外，在阿拉伯

芥中也發現經由自發途徑中來調控 *FLC* 的表達，然後朝向開花 (Marquardt *et al.*, 2006)。Gan 等(2014)指出阿拉伯芥在高溫下修飾 *FLC* 的熱敏感性，其調控機制是經由延長生理節奏以提供對溫度的補償 (Edwards *et al.*, 2006)。莖苔屬作物具有不同的開花抑制基因 *BoFLCs*，花椰菜中的 *BoFLC1* (Sun *et al.*, 2018) 與 *BoFLC2* (Matschegewski *et al.*, 2015) 在高溫與低溫環境下呈現不同的表達，以及出現不同的結球反應過程。本研究藉由花椰菜結球觀察以及開花抑制基因 *BoFLC1* 和 *BoFLC2* 的表達情形，探討溫度對花椰菜花球發育的影響。

材料與方法

生長箱低溫處理

以花椰菜‘Bo-903’與‘Bo-905’等二個雙單倍體系作為試驗材料，‘Bo-903’屬於中生品系，‘Bo-905’屬於中晚生品系，二個雙單倍體系以小孢子培養育成，於3月18日播種，當苗齡為28天時，於4月15日將幼苗種植於口徑10 cm的塑膠盆中並移到生長箱內，在16小時光期與8小時暗期的光週期下，分別處理10°C、15°C與20°C溫度，調查溫度處理後112天間的花椰菜的生長型態。每週進行結球、抽苔、開花與結莢等觀察與紀錄，每二週進行葉片取樣，取樣部位為接近植株莖頂組織的未成熟葉片，用以檢測二種開花抑制基因 *BoFLC1* 與 *BoFLC2* 的表達，基因表達的相對轉錄量以該檢測基因在溫度處理後第14天的轉錄量為對照相對量。

自然環境

以花椰菜‘Bo-903’與‘Bo-905’二個雙單倍體系作為試驗材料，‘Bo-903’屬於中生品系，‘Bo-905’屬於中晚生品系，於7月8日播種，當苗齡為28天時將幼苗移植至口徑30 cm的塑膠盆中栽培，並於8月5日放置在塑膠布網室內生長，調查移植後182天間花椰菜的生長型態，至隔年越冬後的2月3日停止調查。每週進行結球、抽苔與開花等觀測與調查，每二週進行葉片取樣，取樣部位為接近莖頂組織的未成熟葉片，用以檢測二種開花抑制基因 *BoFLC1* 與 *BoFLC2* 的表達，基因表達的相對轉錄量以該檢測基因在移植後第14天的轉錄量為對照相對量。以溫溼度紀錄器 HOBO pro v2 data logger 紀錄塑膠布網室內氣溫。利用 SAS-EG (SAS Enterprise Guide 7.1 系統) 分析數據。

BoFLC1 引子設計:

forward 5'-CATGAGCTACTGGAAGTGTGGAA-3' reverse 5'-GAACCCACACTTACATTATCGACATT-3'

BoFLC2 採用 Ridge 等(2015)所發表的引子:

forward 5'-CGAAGTATGGTTCACACCATGAGC-3' reverse 5'-CGGAGAGGGCAGTCTCAAGGTGGTT-3'

結果

花球發育表現

在 10°C 處理中，‘Bo-903’在第 54 天時肉眼可見小花球，第 68 天時完成花球發育，‘Bo-905’在第 56 天時可見小花球，在第 73 天時完成花球發育。在 15°C 處理中，‘Bo-903’與 Bo-905’分別在第 38 天與第 42 天可見到小花球形成，二品系皆在第 56 天完成花球發育，並進入抽苔與開花的階段，‘Bo-903’與‘Bo-905’分別在第 80 天與第 84 天開始開花 (圖 1)。至第 112 天時，在 20°C 的環境下則尚無肉眼可視的小花球形成。10°C 處理的二個品系在第 112 天時仍處於花球鬆散的抽苔階段。在自然環境的設施網室中，‘Bo-903’在第 98 天時(11 月 11 日)肉眼可以見到小花球，於第 130 天時(12 月 13 日)花球發育完成，於第 154 天(1 月 6 日)開始開花。‘Bo-905’在第 126 天時(12 月 9 日)可見小花球，於第 140 天時(12 月 23 日)花球發育完成，於第 168 天(1 月 20 日)開始開花 (圖 3)。

開花抑制基因表達

15°C 處理中，‘Bo-903’的 *BoFLC1* 與 *BoFLC2* 的轉錄量呈現兩次下降的情形，*BoFLC1* 表現量於第 28 天時開始下降，至 56 天時為低點，此為生育期中之第一次基因表現量下降，而第二次基因表現量下降則於第 70 天開始，至 84 天時為低點 (圖 2A)。*BoFLC2* 表現量於第 28 天時開始下降，至 42 天時為低點，此為 *BoFLC2* 的第一次表現量下降，而第二次基因表現量下降則從第 70 天開始，至 84 天時為低點 (圖 2B)。「Bo-905」的 *BoFLC1* 與 *BoFLC2* 的轉錄量亦呈現兩次下降的情形，*BoFLC1* 與 *BoFLC2* 皆於第 14 天時開始下降，至 42 天時為低點 (圖 2C)，此為第一次基因表現量下降，且此兩個開花抑制基因的表現量出現第二次下降皆從第 56 天開始，至 84 天時為低點 (圖 2D)。

在設施網室的自然環境下，對應結球之前，呈現‘Bo-903’的 *BoFLC1* 轉錄量下降時段從第 42 天時開始下降，至 56 天時為低點，之後在第 70 至 140 天間維持低量表達 (圖 4A)，*BoFLC2* 轉錄量從第 112 天時開始下降，至 126 天時為低點，高溫下的日平均溫度 27.8°C 時 (圖 5)，*BoFLC2* 轉錄量第 98 至 112 天間呈現出高量表達 (圖 4B)。在‘Bo-905’結球前的 *BoFLC1* 表現量於第 126 天時開始下降，至 140 天時為低點 (圖 4C)，*BoFLC2* 於第 112 天時開始下降，至 126 天時為低點 (圖 4D)。對應開花表現前，‘Bo-903’的 *BoFLC1* 表現量於第 126 天時開始下降，至 140 天時為低點 (圖 4A)，*BoFLC2* 於第 140 天時開始下降，至 154 天時為低點(圖 4B)。開花前‘Bo-905’的表現量於第 168 天時開始下降，至 182 天時為低點(圖 4C)，*BoFLC2* 於第 140 天時開始下降，至 168 天時為低點(圖 4D)。

討論

春化溫度調控

二個品系在 10°C 環境下其營養生長所需的時間明顯長於在 15°C 環境，但 10°C 可略縮短花球發育階段的時間，之後進入花球鬆散與抽苔的過程時，過低溫的 10°C 的環境會使花球鬆散與抽苔時間延長，導致開花的時間被延後。15°C 環境可使二個品系順利進入開花的階段，顯示提供適當的低溫春化溫度可改善營養生長期與抽苔期時間被延長的現象。二個品系在 20°C 的環境下持續生長 112 天仍無可視的花球形成，推論 20°C 可能為此二品系花球形成的非春化溫度障礙。在 15°C 的二品系從花球發育到開花的過程中，轉錄量呈現兩次被抑制的表現，第一次轉錄量下降後呈現花球發育的狀態，第二次轉錄量下降後表現出開花現象。Lin 等(2019b) 指出花椰菜在 18°C 的條件下，早生種與中晚生種在播種後 31 天與 52 天，其葉片數分別為 5.4 片與 6.6 片葉時，*BoFLC2* 轉錄量下降，由莖頂分生組織切片可見花椰菜進入花球創始的階段。在 10°C 的環境下，雖然‘Bo-903’與‘Bo-905’的 *BoFLC1* 皆在第 42-56 天被抑制，但由於‘Bo-903’的 *BoFLC2* 被抑制的時間明顯較早，因此‘Bo-903’較‘Bo-905’更提早進入花球發育的階段。Ridge 等(2015)指出，低溫春化誘導開花的主要調控者為 *BoFLC2*，是甘藍在低溫條件下控制開花時間最重要的開花抑制基因，亦即在低溫狀態下 *BoFLC2* 的影響力大於 *BoFLC1*。第二次轉錄量下降表現在花球鬆散至抽苔階段，當 *BoFLC1* 與 *BoFLC2* 轉錄量被抑制時，促使花椰菜進入開花的階段，之後於結莢時轉錄量再次增加。因此，開花抑制基因不僅僅是調控開花時間，對於花椰菜作物也會調控結球時間。在花椰菜的開花抑制基因的轉錄量低點分別出現在花芽未分化完成的結球階段，以及分化完成後的開花階段，轉錄量的表達呈現 W 字型的模式。

非春化溫度調控

在自然環境的設施內‘Bo-903’在第 98 天可見到小花球開始形成，此時的日平均溫度約 27.8°C (晝夜平均溫度 31.3°C/23.2°C)，屬於非低溫條件，因此，開花調控機制應非如 Okazaki 等(2007)所指在春化作用下是由 *BoFLC2* 來擔任主要的開花控制者。Matschegewski 等 (2015) 指出過去多數研究多集中在低溫春化誘導開花，以及低溫時開花抑制基因對開花時間的調控，然而溫帶花椰菜在高溫下，*BoFLC2* 對花球誘導亦具有影響性。Lin 等(2019a) 指出 *BoFLC1* 可在 27°C 調控耐熱型青花菜的花球形成，即開花抑制基因並非完全藉由低溫春化來調控。‘Bo-903’的 *BoFLC1* 於第 42-56 天開始被抑制而趨向結球方向，但由於高溫影響使得 *BoFLC1* 轉錄量略為提高，但仍一直維持在低量的表現(第 70-140 天)，也因此促使‘Bo-903’緩慢的形成花球。此結果與 Sun 等(2018) 闡述高溫延遲花椰菜花球的發育，但並未延遲 *BoFLC1* 在花椰菜中順向調控的論點相似。Lin 等(2023)揭示兩個早生型花椰菜在花球創始後遇到 30°C 高溫，*BoFLC1* 呈現順向和逆向的兩種不同的結球調控結果，順向調控者莖頂分生組織繼續發育成花球，逆向調控者的莖頂分生組織則發育變緩。‘Bo-903’的 *BoFLC2* 雖於第 42-70 天被抑制，但因

高溫使轉錄量於第 84-112 天提升，明顯抑制花球的發育，直至第 112-126 天轉錄量下降，開花抑制基因被抑制表達後促使花球繼續發育成熟，顯示高溫下‘Bo-903’的 *BoFLC1* 為形成花球的調控者，*BoFLC2* 為輔助花球發育的調控者。

花椰菜‘Bo-905’於的結球並非只有單一一個 *BoFLC* 調控，‘Bo-905’在非春化溫度的日平均溫度 25.1°C (晝夜平均溫度 28.8°C/20.7°C)時形成花球與發育，*BoFLC1* 在第 126-140 天轉錄量急速降低，*BoFLC2* 在第 98-126 天轉錄量緩慢降低，呈現兩種不同的抑制表達模式，顯示在非低溫環境下，*BoFLC1* 與 *BoFLC2* 彼此間的協同調控。Edwards 等 (2006) 和 Gan 等 (2014) 證明阿拉伯芥中的開花抑制基因即使沒有給予低溫春化條件，仍可在高溫的條件下調控開花。控制開花抑制基因表達的自發途徑與春化途徑是可並行發展 (Reeves and Couplant, 2000)。在高溫條件下，花椰菜的結球機制可能是經由自發途徑來調控 *BoFLCs* 表達，調控花球形成與花球發育的不同時間點，應可用於解釋花椰菜在高溫結球或花球形成延遲的機制。

引用文獻

1. Edwards, K. D., P. E. Anderson, A. Hall, N. S. Salathia, J. C. W. Locke, J. R. Lynn, M. Straume, J. Q. Smith, and A. J. Millar. 2006. *FLOWERING LOCUS C* mediates natural variation in the high-temperature response of the *Arabidopsis* circadian clock. *Plant Cell* 18:639-650. doi:10.1105/tpc.105.038315.
2. Gan, E. S., Y. Xu, J. Y. Wong, J. G. Goh, B. Sun, W. Y. Wee, J. Huang, and T. Ito. 2014. Jumonji demethylases moderate precocious flowering at elevated temperature via regulation of *FLC* in *Arabidopsis*. *Nat. Commun.* 5:5098. doi:10.1038/ncomms6098.
3. Labate, J. A., L. D. Robertson, A. M. Baldo, and T. Björkman. 2006. Inflorescence identity gene alleles are poor predictors of inflorescence type in broccoli and cauliflower. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 131:667-673. doi:10.21273/JASHS.131.5.667.
4. Lin, C. Y., C. H. Hsieh, T. Y. Yeh, and H. I. Lee. 2023. Collaborative Expression of *FLOWERING LOCUS C* in Heat-tolerant Cauliflower. *Fruits* 78(2):1-7. doi:org/10.17660/th2023/008.
5. Lin, C.W., Fu, S.F., Liu, Y.J., Chen, C.C., Chang, C.H., Yang, Y.W., and Huang, H.J. 2019a. Analysis of ambient temperature-responsive transcriptome in shoot apical meristem of heat-tolerant and heat-sensitive broccoli inbred lines during floral heat formation. *BMC Plant Biol.* 19:3. doi:10.1186/s12870-018-1613-x.
6. Lin, C. Y., K. S. Chen, H. P. Chen, H. I. Lee, and C. H. Hsieh. 2019b. *Curd*

- Initiation and Transformation in Tropical Cauliflower Cultivars under Different Temperature Treatments. HortScience 54(8):1351-1356. doi:10.21273/HORTSCI13881-19.
7. Marquardt, S., P. K. Boss, J. Hadfield, and C. Dean. 2006. Additional targets of the *Arabidopsis* autonomous pathway members, *FCA* and *FY*. J. Exp. Bot. 57(13):3379-3386. doi: 10.1093/jxb/erl073.
 8. Matschegewski, C., H. Zetzsche, Y. Hasan, L. Leibeguth, W. Briggs, F. Ordon, and R. Uptmoor. 2015. Genetic variation of temperature regulated curd induction in cauliflower: elucidation of floral transition by genome-wide association mapping and gene expression analysis. Front. Plant Sci. 6:720. doi:10.3389/fpls.2015.00720.
 9. Okazaki, K., Sakamoto, K., Kikuchi, R., Saito, A., Togashi, E., Kuginuki, Y., Matsumoto, S., and Hirai, M. 2007. Mapping and characterization of *FLC* in *Brassica oleracea*. Theor. Appl. Genet. 114, 595–608. doi:10.1007/s00122-006-0460-6.
 10. Reeves, P. H., and G. Coupland. 2000. Response of plant development to environment: control of flowering by daylength and temperature. Curr. Opin. Plant Biol. 3:37-42. doi:10.1016/S1369-5266(99)00041-2.
 11. Ridge, S., P. H. Brown, V. Hecht, R. G. Driessen, and J. L. Weller. 2015. The role of *BoFLC2* in cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) reproductive development. J. Exp. Bot. 66:125-135. doi:10.1093/jxb/eru408.
 12. Sheldon, C. C., E. J. Finnegan, E. S. Dennis, and W. J. Peacock. 2006. Quantitative effects of vernalization on *FLC* and *SOCI* expression. Plant J. 45: 871-883. doi:10.1111/j.1365-313X.2006.02652.x.
 13. Sun, X., J. Bucher, Y. Ji, A.D.J. van Dijk, R.G.H. Immink, and G. Bonnema. 2018. Effect of ambient temperature fluctuation on the timing of the transition to the generative stage in cauliflower. Environ. Exp. Bot. 155:742-750. doi:10.1016/j.envexpbot.2018.06.013.

Effect of Temperature on Regulation of Curd Development in Cauliflower

Chen-Yu Lin¹, Hsuan-Ping Chen¹, Hsiang-I Lee¹, and Chi-Ni Hsia²

¹Department of Vegetable Crops, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture.

²Crop Genetic Resources and Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture.

ABSTRACT

At low temperature, the transcript levels of *FLOWERING LOCUS C* were decreased in cauliflower 'Bo-903' and 'Bo-905' before curd development. Vernalization inhibited the expression of *FLOWERING LOCUS C*. At 15°C treatment, the transcript levels of *BoFLC1* and *BoFLC2* were decreased before curd development period and before flowering period, respectively. The curd formation and curd development when *BoFLC* transcript levels decreased for the first time. Cauliflower flowering when *BoFLC* transcript levels decreased for the second time. Bolting as well as pod formation respectively when transcript levels were increased. The transcript level of *FLC* in cauliflower showed a W-shaped pattern. At average daily temperature of 27.8°C (average 31.3°C/23.2°C), 'Bo-903' began to form curd in natural environment of net greenhouse. The *BoFLC1* of Bo-903' was inhibited during the 42-56 days then down-regulated curd development. During the curd development period, *BoFLC1* transcription amount of Bo-903' was maintained at a low level which would slowly promote form curds. The *BoFLC2* was gradually inhibited in the vegetative growth period, however, transcript level was increased during curd development period. The results implicated that *BoFLC2* was not the main regulator of curd formation in high-temperature environments. At average daily temperature of 25.1°C (average 28.8°C/20.7°C), 'Bo-905' began to form curd and develop in natural environment of net greenhouse. The results revealed that collaborative regulation mechanism of *BoFLC1* and *BoFLC2*.

Key words: Cauliflower, Curd development, *FLOWERING LOCUS C*, Temperature

10°C	'Bo903'	營養生長			花球發育	花球鬆散、抽苔				
	'Bo905'	營養生長			花球發育	花球鬆散、抽苔				
15°C	'Bo903'	營養生長	花球發育	花球鬆散、抽苔	開花	結莢				
	'Bo905'	營養生長	花球發育	花球鬆散、抽苔	開花	結莢				
20°C	'Bo903'	營養生長								
	'Bo905'	營養生長								
		0	14	28	42	56	70	84	98	112

處理後天數

圖 1. 花椰菜在不同溫度下的花球發育與開花情形。

Fig.1. Curd development and flowering of cauliflower at different temperature.

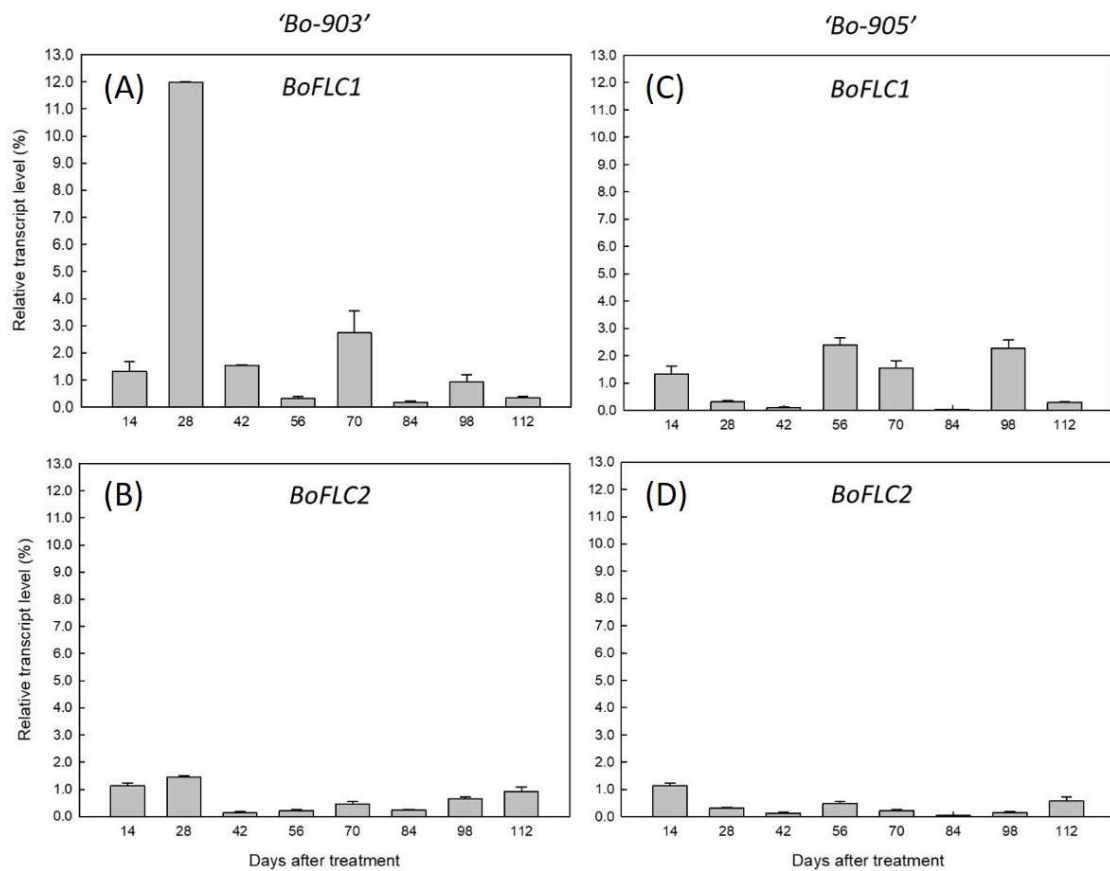


圖 2. 花椰菜在 15°C 的開花抑制基因的表達。

Fig.2. The *FLOWERING LOCUS C* expression of cauliflower at temperature 15°C.

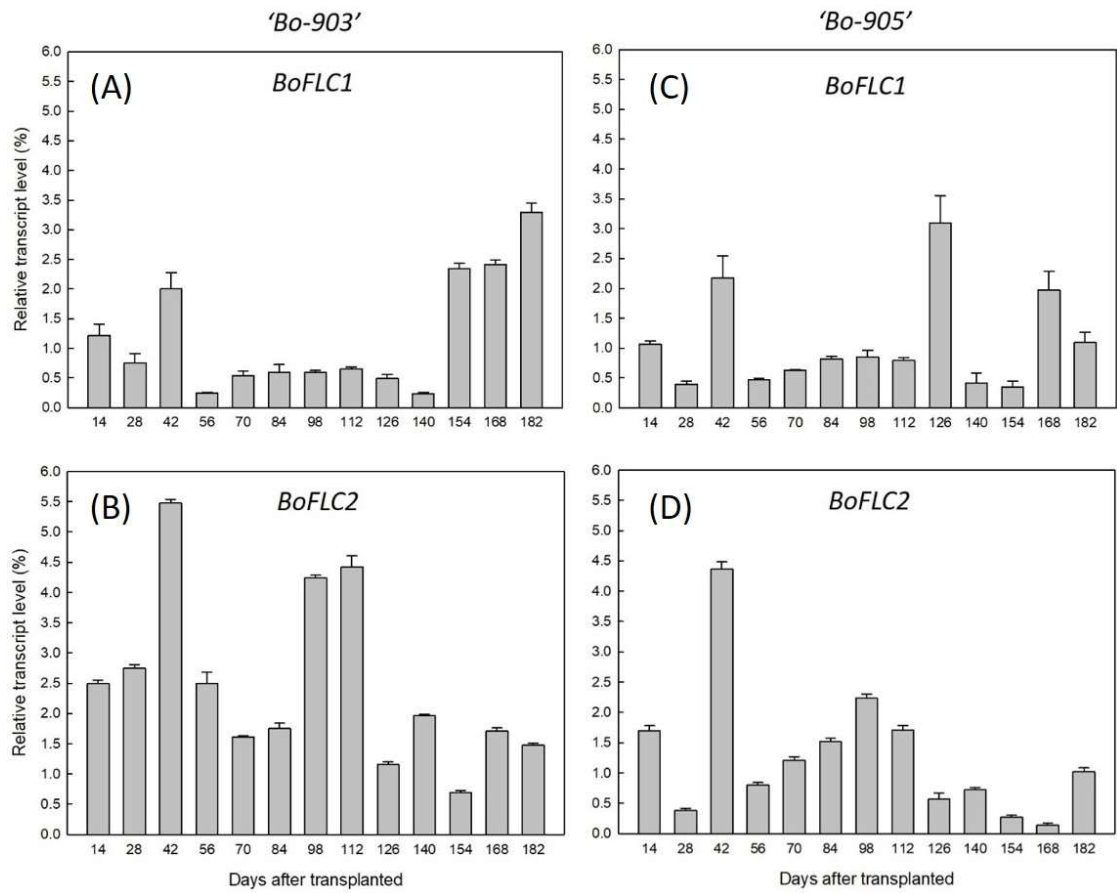


圖 4. 花椰菜在網室內的開花抑制基因的表達。

Fig.4. The *FLOWERING LOCUS C* expression of cauliflower in plastic net house.

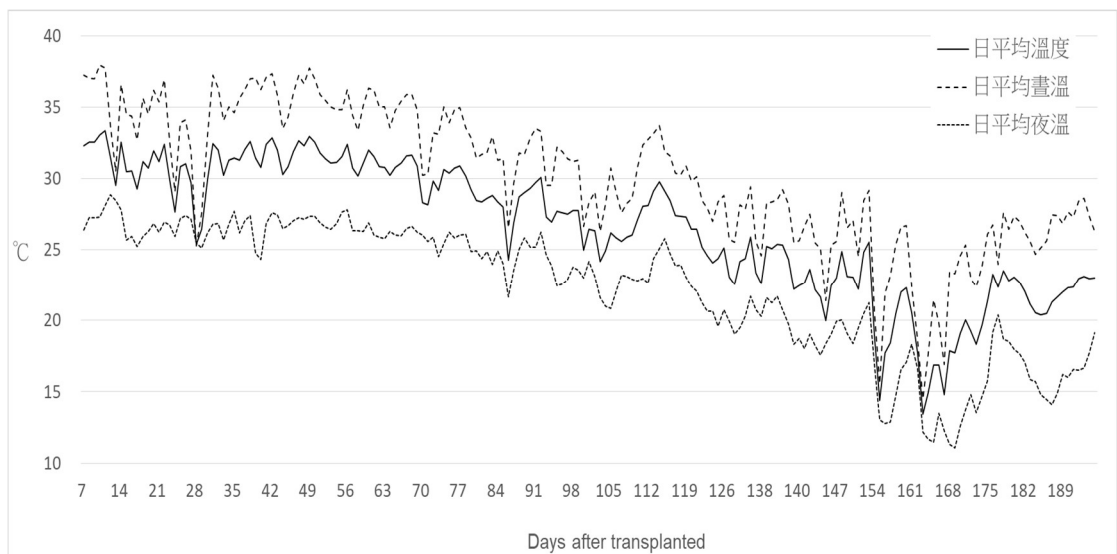


圖 5. 網室內的日平均溫度、日平均晝溫、日平均夜溫。

Fig.5. The daily average temperature, average day temperature, and average night temperature in plastic net house.

耐熱青蔥品種與覆蓋技術緩解夏季高溫對青蔥生育之影響

李香誼

農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所蔬菜系

摘要

青蔥(*Allium fistulosum* L.)為重要辛香料作物，全年均可以種植。近幾年夏季高溫多雨，造成青蔥生產受到極大影響，常因供量不穩定而使價格產生波動。本研究針對耐熱青蔥品種篩選及覆蓋資材的應用進行評估，以應對氣候變遷帶來的夏季高溫挑戰。透過非破壞性指標評估不同青蔥品種的耐熱性，並測試泰維克布作為覆蓋材料的降溫效果。結果顯示，‘台農選1號’在高溫環境下表現最佳，SPAD值及分蘗數顯著增加，單叢重與葉數減少比例最低，耐熱性突出。使用泰維克布覆蓋可較稻草降低畦面溫度10-12°C，土壤濕度穩定，顯著改善青蔥的生長，增加株高、葉鞘寬度，並提升90-140%的單叢重。

關鍵詞：青蔥、耐熱性、覆蓋材質

緒言

隨著全球氣候變遷，青蔥栽培面臨嚴峻的環境挑戰，特別是在夏季高溫期，過高的溫度會影響青蔥的生長，降低其產量和品質。傳統的稻草覆蓋技術雖能幫助減少土壤水分蒸發並降低土壤溫度，但其操作繁瑣且成本較高。因此，本研究為因應高溫，篩選耐熱性優異的青蔥品種，以及評估泰維克應用在夏季栽培青蔥的效果，期望找出適合的覆蓋資材以改善青蔥在夏季的生產。

耐熱青蔥品系非破壞性評估

青蔥品種的耐熱性對於夏季高溫環境的適應尤為重要。前人研究指出，植物在高溫下，葉片的光合作用效率會顯著下降，進而影響整體的生長表現(Mathur *et al.*, 2011)。透過調查產量、外部型態、微觀結構及生理生化等指標，可進行植物的耐逆性鑑定。由於生理生化性指標為破壞性檢測，耗時費工，對於大量篩選，效率較低，因此，除外部型態如株高、分蘗數及單叢重可作為作物逆境篩選之生理指標，部分也可用儀器協助量測，如葉綠素螢光、葉綠素讀值(SPAD)等(林等, 2012; Ergo *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2020)。

本研究以非破壞性的生理指標評估不同青蔥品種在高溫環境下的生長情形。結果顯示相同品種，因對照環境溫度較網室氣溫約低4°C，青蔥之單叢重、

葉數、株高與葉鞘直徑的生長表現均較佳。而青蔥於兩個環境下的葉綠素螢光 Fv/Fm 值無顯著差異，推測對照環境溫度偏高，對植株已造成熱逆境，因此均低於正常值 0.83 (Björkman et al., 1987) (表 1)。青蔥‘台農選 1 號’在高溫環境下表現最佳，其 SPAD 值與分蘗數增加，單橈重及葉數減少比例最低，顯示其相對於其他品種，較能適應高溫環境。

應用覆蓋資材於夏季青蔥栽培降溫

覆蓋資材在農業中的應用廣泛，例如銀黑塑膠布與稻草具有防止雜草生長，或是維持土壤濕度與保溫的效果，其運用在蔬菜栽培已行之有年。由於近三年夏季溫度較十年前提高 0.6°C (交通部中央氣象局，2023)，農民如何因應夏季高溫來栽培蔬菜為一大重要課題。如何適度將土壤降溫，改善作物生長，選用適合的畦面覆蓋資材受到重視。

國內不織布在農業上的應用已逐漸普遍，其具有高遮光度及防撥水性，操作簡易，可回收再利用性高，因此迅速被農民所接受。目前花椰菜生產多作為花球保護遮光用，其材質亦具低熱傳導性，不因陽光照射而吸熱，可週年使用 (郭，2011)。泰維克布也多運用於葉菜生產，以泰維克布覆蓋於畦面，應用於夏季芥藍與油菜栽培，使用泰維克布覆蓋所得產量為銀黑色塑膠布覆蓋之兩倍以上，且能有效降低畦面溫度 (李，2019)。

宜蘭三星地區發展出青蔥以高畦配合稻草覆蓋栽培的特有模式，因夏季高溫，稻草降溫效果不理想，造成青蔥生長不佳，需有取代既有方式的方法。運用泰維克布於青蔥栽培結果顯示，覆蓋稻草之畦面溫度最高達 47°C，泰維克 35-37°C，可有效降低畦面溫度達 10-12°C (圖 1)，土壤濕度也較為穩定，維持在 70-100% 之間 (圖 2)。與單鋪稻草相比，泰維克布覆蓋改善青蔥的生長環境，降低青蔥‘懶惰’缺株率至 5% 以下，且增加分蘗數和單橈重 90-140%，株高、葉鞘長度與葉鞘寬度均有顯著提高，其中又以行株距 12x24 cm 的處理表現最佳 (表 2) (圖 3)。

結論與展望

本研究篩選出的青蔥‘台農選 1 號’具備優異的耐熱性，適合在夏季高溫的環境下栽培。同時，泰維克布加薄鋪稻草的覆蓋模式展示出明顯的降溫效果，能顯著改善青蔥的生長及提升產量。未來將進一步探討其他覆蓋材料的應用，並持續篩選更多耐候性強的青蔥品種，以應對氣候變遷對青蔥生產的影響。

謝辭

本研究承蒙農業試驗所112年度第二階段延提款提供經費，並感謝吳思慧小姐、劉昕紘先生、陳宣蘋小姐、張純婉小姐、盧炳成先生與王佳暉先生協助試驗進行。

引用文獻

1. 交通部中央氣象局. 2023. 中央氣象局111年氣候年報. 研究出版與年報. <https://www.cwa.gov.tw/Data/service/notice/download/Publish_20230914153347.pdf>.
2. 李香誼. 2019. 光電溫室遮陰與畦面覆蓋材料對蔬菜栽培之影響. 臺灣園藝 65:40.
3. 林冠宏、黃薇綺、羅筱鳳. 2012. 高溫、淹水及乾旱對甘藷葉綠素螢光之影響. 臺灣園藝 58:315-325.
4. 郭孚耀. 2001. 不織布的特性及在農業上的用途. 臺中區農業專訊 p. 3-7.
5. Björkman, O. and B. Demmig. 1987. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta* 170:489-504.
6. Ergo, V. V., R. Lascano, C. R. C. Vega, R. Parola, and C. S. Carrera. 2018. Heat and water stressed field-grown soybean: A multivariate study on the relationship between physiological biochemical traits and yield. *Environ Exp. Bot.* 148:1-11.
7. Liu, X., S. Gao, Y. Liu, B. Cao, Z. Chen, and K. Xu. 2020. Alterations in leaf photosynthetic electron transport in Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) under different light intensity and soil water conditions. *Plant Bio.* 23:83-90.
8. Mathur, S., A. Jajoo, P. Mehta, and S. Bharti. 2011. Analysis of elevated temperature-induced inhibition of photosystem II by using chlorophyll a fluorescence induction kinetics in wheat leaves (*Triticum aestivum*). *Plant Biol.* 13:1-6.

Heat-Resistant Welsh Onion Varieties and Mulching Techniques to Mitigate the Impact of High Summer Temperatures

Hsiang-I Lee

Department of Vegetable Crops, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch,
Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture.

ABSTRACT

Welsh onions (*Allium fistulosum* L.) are a crucial spice crop that can be cultivated year-round. In recent years, however, the production of welsh onions has been severely impacted by hot and rainy summers, leading to frequent price fluctuations and unstable supply. This study investigates the selection of heat-resistant welsh onion varieties and mulching materials as strategies to mitigate the adverse effects of high summer temperatures exacerbated by climate change. The heat tolerance of various welsh onion cultivars was assessed using non-destructive indicators, while the efficacy of Tyvek as a mulching material was also evaluated. The results indicate that the cultivar 'Tainung select No. 1' exhibited better growth in high-temperature conditions, with significant increases in SPAD values and tiller numbers, along with minimal plant weight and leaf number reductions, demonstrating superior heat resistance. Additionally, compared to straw mulching, Tyvek mulching effectively reduced the soil temperature by 10-12°C, maintained stable soil moisture, significantly improved welsh onion growth conditions, and enhanced plant height, leaf sheath width, and plant weight by 90-140%.

Key words: Welsh onion, heat tolerance, mulching material

表1. 不同青蔥品種於一般及高溫環境下之生理表現。

Table 1. Physiological traits of different Welsh onion varieties under normal and high temperature environments.

Cultivar	Treatment	SPAD	Fv/Fm	Plant weight		Tiller number		Plant height		Leaf sheath length		Leaf sheath width	
				(g)	(g)	Leaf number	Leaf number	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)		
Tainung Select No.1	Control	43.9 ^z	0.74	94.0	7.2	25.6	51.1	12.1	6.5				
	Heat	45.9	0.76	57.4	7.4	19.5	45.6	12.4	4.9				
	%	4.6	3.3	-38.9	2.8	-23.8	-10.8	2.5	-24.6				
Little Green	Control	71	0.76	66.3	3.0	10.8	61.5	14.2	8.5				
	Heat	54.3	0.75	33.3	3.1	7	55.8	15.1	5.7				
	%	-23.5	-1.2	-49.8	3.4	-35.2	-9.3	6.3	-32.9				
Feng Chong	Control	63.5	0.75	65.1	4.8	17.9	52	12	7.3				
	Heat	32.6	0.75	39.1	4.1	11	51.8	12.4	5.9				
	%	-48.7	-1.0	-39.9	-14.5	-38.5	-0.4	3.3	-19.2				

ANOVA

Treatment	***y	ns	***	ns	***	***	***	***	***
Cultivar	***	ns	***	***	***	***	***	***	***
Treatment x Cultivar	***	ns	ns	ns	***	***	***	***	***

^zMeans of treatment are averaged from 30 plants; the same letter within the same column is not significantly different at $P < 0.05$.
^yns, *, ** means non-significant or significant at $P < 0.05$ or 0.01, respectively.

表2. 不同畦面覆蓋處理對青蔥‘懶惰’生長之影響。

Table 2. Effects of different mulching on the growth of welsh onion ‘Lazy’.

Treatment	Miss-planted rate (%)	Plant weight (g)	Tiller number	Leaf number	Plant height (cm)	Leaf blade length (cm)	Leaf sheath length (cm)	Leaf sheath width (mm)
Straw 10 cm (Row spacing 12x20 cm)	31.9	87.2 c ^z	2.2 b	8.5 c	66.1 b	48.5 b	17.6 b	11.1 c
Tyvek + Straw 2 cm (Row spacing 12x20 cm)	4.8	168.7 b	2.9 a	13 b	71.8 a	52.5 a	19.2 a	13.5 b
Tyvek + Straw 2 cm (Row spacing 12x24 cm)	4.5	210.5 a	3 a	15.6 a	71.1 a	51.8 a	19.3 a	14.9 a
ANOVA		***y	***	***	***	***	***	***

All treatments were planted in six rows on 2023.7.10 and harvested on 10.2. Two replicates in each treatment, each replicate 30 plants.

^yMeans with the same letters are not significantly different within treatment by the least significant difference test at $P < 0.05$.

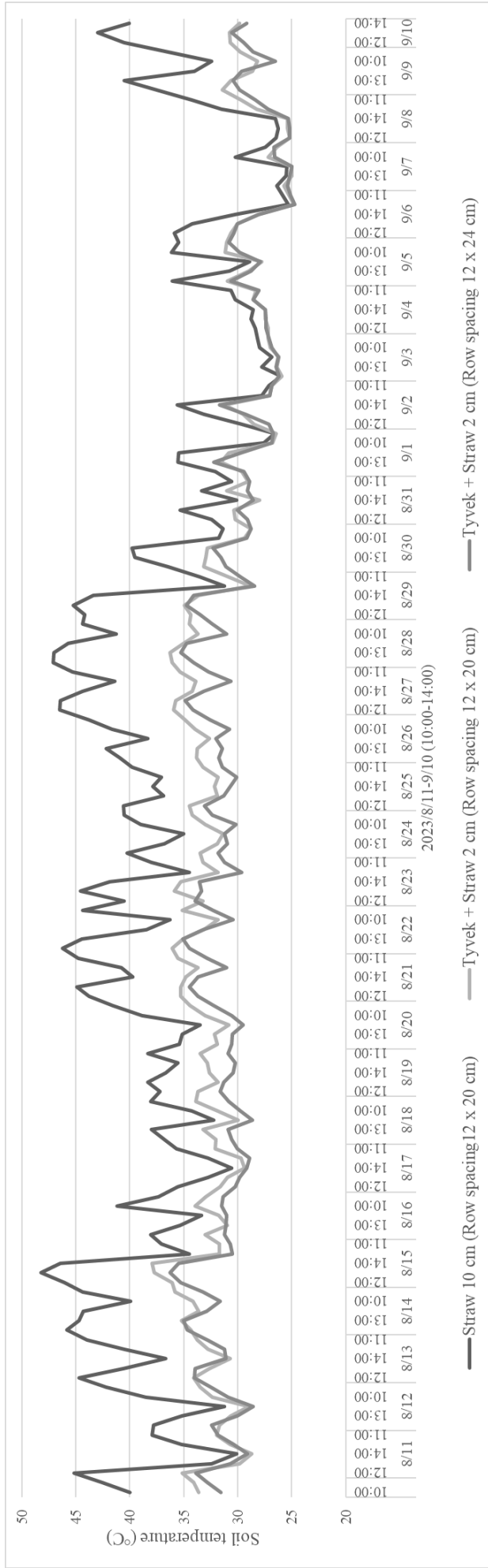


圖 1. 2023/8/11-9/10 試驗期間平均土壤溫度。
 Fig. 1. Average soil temperature in 2023/8/11-9/10.



圖3. 青蔥栽培畦面覆蓋稻草與泰維克布。

Fig. 3. Welsh onion cultivation with straw and Tyvek mulching.

評估畦面不同覆蓋材質對辣椒栽培影響

王三太¹、李香誼¹、許秀惠²、王佳暉¹、許馨云¹

¹農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所蔬菜系

²農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所植物保護及園產品加工系

摘要

15 個辣椒品種進行比較，分別栽培在畦面覆蓋資材為泰維克布與銀黑色塑膠布，2023 年 7 月 13 日定植於美濃田區。15 個處理以泰維克布與銀黑色塑膠布平均存活率在 9 月 28 日分別為 90.8 與 21.9%。試驗期間雨量高且降雨日數多，炭疽病嚴重，在 9 月 28 日與 10 月 11 日累計產量。14 個辣椒品種(系)，以稼穡種苗公司的朝天椒類型‘小魚’的小區產量 2022 公克最高，其次為鳳山分所辣椒品系‘23-鳳山雜交辣椒 2 號’的 1227 公克，第三為當地最常栽培朝天椒類型農友公司的‘朱雀’為 978 公克，‘小魚’、‘23-鳳山雜交辣椒 2 號’與‘朱雀’平均果種分別為 2.2、15.9 與 4.8 公克。如果能有效控制炭疽病，總產量最高品種為農友公司的‘EX-1826’的 5419 公克與農友公司的‘醉紅’的 5286 公克。嫁接‘23-鳳山辣椒根砧 1 號’與未嫁接‘朱雀’小區平均產量分別為 2194 與 978 公克，具商品價值果比率分別為 59.4 與 33.3%。

關鍵詞：泰維克布、辣椒、高溫

前言

夏季高溫多雨常造成蔬菜因不耐熱、不耐濕或因濕熱造成病害而死亡。同時也造成禾本科雜草生育快速，影響作物生長，使用萌前殺草劑，但因為高溫與雨水多，可控制時間縮短，利用銀黑色塑膠布覆蓋畦面雖減少雜草危害，但也造成土溫升高，影響作物生長。如何兼顧雜草控制、降低土溫與作物生長的覆蓋材質，有待篩選。

辣椒為美濃區重要茄科作物，該區栽培面積為全國鄉鎮第一名，主要是朝天椒類型，全年平均價格最好時期為7-12月，如欲在此時段生產，必需在夏季或梅雨季期間定植，為減少雜草危害或雨水沖刷造成土壤流失與根系裸露，常使用銀黑色塑膠布覆蓋栽培，但也造成生育緩慢或植株死亡，有待改善。

泰維克布為杜邦公司產品，台灣與國際廣泛應用在花椰菜花球覆蓋的軟化栽培(郭，2001；Forbes and Chapman, 1989)，除此之外，也應用在香瓜、甜椒、番茄、根莖菜、胡蘿蔔、蘿蔔、甘藍、萵苣等覆蓋栽培上。主要是用在保溫、促成栽培、提早收穫及防蟲效果(郭，2001)。也應用到畦面覆蓋，做為防草蓆及提升土壤溫度及保水性用(郭，2001)。日本研究人員比較覆蓋塑膠布與塑膠布加泰維

克布處理對土壤薰蒸溴化甲烷試驗，發現塑膠布加泰維克布處理對土壤溫度幾乎與氣溫相同，而覆蓋塑膠布溫度升高。鳳山分所在執行韌性農業計畫研究顯示覆蓋泰維克布應用在花椰菜、甘藍與洋蔥，皆有增產效果。

辣椒雖然在台灣全年可栽培，但夏季高溫影響結果率、尻腐病與果色轉色，而高溫多濕造成青枯病易發生，塑膠布覆蓋栽培雖然可以減少雜草，但同時造成病害容易發生與根系不旺盛的雙重逆境。夏季辣椒栽培，因為雨水多，溫度高，易發生炭疽病，因為炭疽病可早至開花時感染，但卻不發病，至果實接近成熟或紅熟時發病，常錯過第一階段防治時期，而連續下雨環境下，也影響化學防治成效。

材料與方法

14個辣椒品種6月17日播種育苗，7月13日定植於美濃，分別定植於泰維克布與銀黑色塑膠布，泰維克布RCBD三重複，泰維克布布寬1.2公尺，雙行植穴距50公分，每小區16株，塑膠布RCBD二重複，每小區16株。分別於8月4日、8月29日與9月28日調查美濃試驗辣椒存活率。累計9月28日與10月11日不同辣椒品種分別在泰維克布與銀黑塑膠布產量並進行比較。

結果與討論

14個辣椒品種(含1個嫁接處理)覆蓋泰維克布或塑膠布在8月4日、8月29日與9月28日存活率如表1所示，8月4日泰維克布平均存活率96.6%，塑膠布僅有23.6%，差異顯著，推測由於從7月14日定植後23天內有17天下雨，其中平均溫度超過28°C有14天，可能因高溫多濕造成植株死亡，至9月28日泰維克布平均存活率90.8%，塑膠布存活率21.9%，降幅不大，推論泰維克布與塑膠布對辣椒植株存活率差異，主要在剛種植時期，移植植株新根系發展階段對高溫非常敏感。

因為8月28日至9月12日連續下雨，造成真菌性病害炭疽病嚴重發生，14個辣椒品種產量結果如表2所示，美濃最常用朝天椒品種‘朱雀’小區平均產量978公克，包括嫁接‘23鳳山辣椒根砧1號’的‘朱雀’2194公克，‘23鳳山雜交辣椒2號’1227公克，種苗場與亞蔬合作育成‘種苗亞蔬2號’商品名‘小魚’2022公克高於此產量，但‘小魚’單果重僅有2.2公克，而‘朱雀’果重4.8-5.3公克(表3)，採收成本仍有差異，嫁接‘23鳳山辣椒根砧1號’的‘朱雀’是較佳種植選擇。‘23鳳山辣椒根砧1號’嫁接朱雀，不僅包含炭疽病果實的潛在產量3697公克高於未嫁接的2665公克，而且‘朱雀’嫁接組合正常果比例59.4%高於‘朱雀’未嫁接33.3%。如果考慮秋冬季乾燥季節栽培辣椒，較無炭疽病發病壓力下，以農友種苗公司的‘EX-1826’與‘醉紅’總產量最高(表2)。

結論

- (1). 夏季栽培辣椒泰維克布覆蓋存活率90.8%明顯優於塑膠布21.9%。
- (2). 亞蔬與種苗場育成‘小魚’朝天椒田間表現耐炭疽病，但果重較輕，採收成本較高。
- (3). 嫁接‘23-鳳山辣椒根砧1號’的朝天椒‘朱雀’產量高於未嫁接，田間較少炭疽病。
- (4). 非雨季期間，商業品種‘EX-1826’與‘醉紅’，具有豐產潛力。

引用文獻

1. 郭孚耀. 2001. 不織布的特性及在農業上的用途. 臺中區農業專訊 34:3-7.
2. Forbes, J. J., and K. S. R. Chapman. 1989. Field protection of cauliflower curds to preserve whiteness and improve postharvest quality. *Acta Horticulturae* 247: 337-341.

Assessing of Chilli Production by Mulching Different Materials

San-Tai Wang¹, Hsiang-I Lee¹, Shioh-Huey Hseu², Chia-Hui Wang¹ and Shin-Yun Hsu¹

¹Department of Vegetable Crops, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture.

² Department of Plant Protection and Utilization, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture.

ABSTRACT

Fifteen varieties were assessed on mulching material of Tyvek® or plastic film in Meinong District on July 13, 2023. Average survival ratio of Tyvek® and plastic film were 90.8 and 20.9%. As high rainfall and rainy days, anthracnose of chilli was very serious during experimental period. Yield only calculated Sep. 28 and Oct. 11, 2023. Plot yield of erect chilli type variety ‘Sardine’ from Suntech Seed Company was 2022 g which was highest variety. Plot yield of bend chilli type line ‘23-FTHES hybrid No.2’ from FTHES was 1227 g which was second. Plot yield of erect chilli type varieties ‘Red Bird’ from Known-You Seed Company was 978g which was third and most popular used variety in Meinong District. Average fruit weight of ‘Sardine’, ‘23-FTHES hybrid No.2’ and ‘Red Bird’ were 2.2, 15.9 and 4.4g. If anthracnose could be controlled, highest yield varieties were ‘EX-1826’ for 5419 g and ‘Drunk Red’ for 5286 g which all coming from Known-You Seed Company. Average plot yield of ‘Red Bird’ grafting with ‘23-FTHES chilli rootstock No. 1’ and ‘Red Bird’ without grafting were 2194 and 978 g. Normal fruit ratio of grafting and non-grafting were 59.4 and 33.3%.

Key words: Tyvek, pepper, high temperature

表1. 14個辣椒品種畦面以泰維克布或塑膠布覆蓋在美濃栽培之不同日期存活率。
Table 1. Survival ratio of fourteen chilli pepper varieties cultivated in Meinong with Tyvek or plastic mulching material at different planting dates.

編號	品種	覆蓋泰維克布不同日期			覆蓋塑膠布不同日期		
		存活率(%)			存活率(%)		
		8/4	8/29	9/28	8/4	8/29	9/28
1251	朱雀	95.8	95.8	93.8	18.5	18.5	17.2
1252	朱雀嫁 接‘23 鳳山辣 椒根砧1 號’	100.0	97.9	97.9	15.6	12.5	12.5
1253	23-鳳山 雜交辣 椒1號	97.9	97.9	95.8	44.3	44.3	34.3
1254	23-鳳山 雜交辣 椒2號	100.0	95.8	83.3	19.8	16.5	16.5
1255	EX-1826	97.9	95.8	87.5	36.4	36.4	36.4
1256	EX-1792	95.8	93.8	89.6	7.1	7.1	7.1
1257	朝天辣 椒2003	97.9	97.9	93.8	18.8	18.8	18.8
1258	小魚	100.0	100.0	100.0	21.9	21.9	18.8
1259	辣椒 2001	91.7	91.7	85.4	25.0	25.0	25.0
1260	辛八威	97.9	95.8	87.5	28.1	28.1	25.0
1261	豔茹	97.9	95.8	81.3	29.0	29.0	29.0
1262	HP2310	91.7	91.7	89.6	12.5	12.5	12.5
1263	新朱麗	93.8	93.8	95.8	37.5	37.5	37.5
1265	醉紅	93.8	93.8	89.6	15.8	15.8	15.8
平均		96.6	95.5	90.8	23.6	23.1	21.9

表2. 在美濃栽培14個辣椒品種以泰維克布覆蓋平均小區商品果產量、炭疽病果產量與總產量。

Table 2. Average normal fruit yield, anthracnose-infected fruit yield, and total yield of fourteen chilli pepper varieties cultivated in Meinong with Tyvek.

編號	品種	正常果產量 ¹ (公克)	炭疽病果產量 ¹ (公克)	總產量 (公克)
1251	朱雀	978 ± 911	1688 ± 899	2665
1252	朱雀嫁接 '23 鳳山辣椒根砧 1號'	2194 ± 1177	1503 ± 1267	3697
1253	23-鳳山雜交辣 椒1號	833 ± 676	3155 ± 1300	3988
1254	23-鳳山雜交辣 椒2號	1227 ± 656	2741 ± 717	3967
1255	EX-1826	160 ± 142	5259 ± 988	5419
1256	EX-1792	6 ± 10	4307 ± 720	4313
1257	朝天椒2003	843 ± 571	2524 ± 108	3367
1258	小魚	2022 ± 492	435 ± 463	2457
1259	辣椒2001	88 ± 58	1951 ± 766	2038
1260	辛八威	152 ± 107	2647 ± 569	2799
1261	豔茹	287 ± 297	2735 ± 604	3022
1262	HP2310	658 ± 209	3032 ± 1065	3690
1263	新朱麗	285 ± 436	-	-
1265	醉紅	274 ± 120	5012 ± 714	5286

¹平均產量±標準偏差

表3. 朱雀、朱雀嫁接根砧與小魚產量、炭疽病產量、正常果比例與果重。

Table 3. The yield, anthracnose-infected fruit yield, normal fruit ratio, and fruit weight of 'Red Bird' without grafting, 'Red Bird' grafting with rootstock and 'Sardine'.

編號	品種	正常果產量 (公克)	炭疽病產量 (公克)	正常果比例 (%)	果重 (公克)
1251	朱雀	978	1688	33.3	4.8
1252	朱雀嫁接 '23鳳山辣 椒根砧1號'	2194	1503	59.4	5.3
1258	小魚	2022	435	79.1	2.2

施用激勃素 GA₃ 減少鳳梨釋迦異常落果之研究

方信秀、黃淑慧、馬秀燕、徐智政、邱國棟

農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系

摘要

鳳梨釋迦為台灣的重要果樹，對環境變化較敏感，易發生落果損失。本研究進行連續 2 年的試驗，探討施用激勃素 GA₃ (Gibberellic acid) 對減少落果發生之影響。試驗結果顯示因 12 月至 1 月環境溫度較高，對照組果實落果率分別為 32.1%、44% 與 23.41%，若每週使用 10 ppm 的 GA₃ 處理，落果率可降為 17.8%、9.9% 與 9.7%，有顯著減少落果的效用。而成熟期於 1 月至 3 月的對照組果實落果率低於 10%，使用 GA₃ 處理則落果率沒有達顯著性差異。進一步將落果率變化和調查時間前的氣象資料進行相關性分析，結果顯示，落果率和落果前 8-14 天的平均溫度有極顯著的相關，相關係數 (r, Correlation coefficient) 為 0.57。試驗結果顯示，較高氣溫環境造成的高落果率，可透過施用 10 ppm 的 GA₃ 大幅減少採收前異常落果損失。

關鍵詞：鳳梨釋迦、激勃素、生長調節劑、落果、後熟、暖冬

緒言

‘鳳梨釋迦’(*Annona x atemoya*) 為冷子番荔枝 (*Annona cherimola*) 與番荔枝 (*Annona squamosa*) 種間雜交種，英名通稱為 atemoya (Nakasone and Paull, 1998)。可良好生長於熱帶和亞熱帶氣候海拔 1,000 m 以下的區域 (Goenaga and David, 2016)，台灣以台東地區為主產地，種植面積約有 2,655 公頃。據農業部農糧署農業貿易網站查詢，主要外銷國家為中國，中國與香港的外銷總量佔總外銷量 99%。

台灣主要種植品種為 ‘Gefner’，因為夏期果裂果率極高，需透過修剪方式進行產期調節，生產裂果率較低之冬期果 (江與盧，2011)，產季通常於 11 月開始，到隔年 5 年產期結束 (圖 1)。平均過去 10 年的氣象資料顯示，台東地區約需到 12 月的月均溫才會降到 20°C 以下，冬季雨量較夏季與秋季少 (圖 2)。冬季生產常有採收前落果、抽心或裂果情形發生 (圖 3)，可能是高溫逆境增加呼吸作用或乙烯含量較高所致 (林等，2017；張等，2021；Arseneault and Cline, 2016)。過去研究發現採收前落果與較高的溫度、肥料施用著果數量有關 (蘇，2004)。為了減少環境氣候逆境干擾，降低鳳梨釋迦落果情形，本試驗使用植物生長調節劑激勃素 GA₃ 於中果時期開始每週噴施，並逐週調查落果數量的變化，期望可減緩落果發生，減少農民損失。

使用生長調節劑減少果實落果的前人研究

收穫前落果是指生理成熟的果實在收穫前 3 到 4 個月發生的脫落現象 (Ferguson and Grafton-Cardwell, 2014 ; Iglesias *et al.*, 2007)。離層脫落是植物在離層 (abscission zone) 處由內源荷爾蒙控制細胞分離的生理過程 (Estornell *et al.*, 2013)。乙烯是啟動離層脫落的主要植物荷爾蒙，而生長素 Auxin 和激勃素 GA (Gibberellic acid) 則有抵消乙烯對離層脫落的作用 (Patterson, 2001)。過去有許多研究透過植物生長調節劑的施用，減少落果發生的研究。例如棗於果實施用 30 ppm 的 GA₃，落果率為 23%，比對照組 28% 高 (Gill and Bal, 2011 ; Wang *et al.*, 2018)。荔枝使用 75 ppm 的 GA₃ 落果率 72.19% 較對照組 78.96% 較佳 (Gupta *et al.*, 2022)。染黃龍病的柑橘樹以 33 ppm 的 GA₃ 施用 5 次，果實落果率為 23%，比噴水的對照組落果率 30% 有顯著改善 (Singh *et al.*, 2022)。

鳳梨釋迦使用激勃素有助於減少落果

為了解施用 GA₃ 是否可減緩鳳梨釋迦採收前落果，進行連續 2 年的試驗驗證。分別於 2017-2018 年進行 3 批果實試驗與 2018-2019 年進行 4 批果實試驗。對照組每週噴水處理，試驗組每週使用 10 ppm 的 GA₃ 噴施植株葉片，每株噴 1 L。於試驗前調查每株果實數量，並於每週調查落果數量，以計算每一株的落果率。

試驗結果如圖 3 所示。第 1 年進行 3 批試驗，第 1 批與第 2 批的每週落果率調查結果顯示，施用 GA₃ 顯著較對照組減少落果率。第 1 批試驗的對照組於 2018 年 1 月 16 日 落果率達 32.1%，而 GA₃ 處理的落果率為 17.8%。第 2 批試驗 2018 年 1 月 31 日 落果率，對照組高達 44%，而 GA₃ 處理的落果率降為 9.9%。第 3 批試驗則對照組與 GA₃ 處理的落果率沒有達顯著性差異；第 2 年進行 4 批試驗，第 1 批的每週落果率調查結果顯示，施用 GA₃ 於 2018 年 12 月 12 日開始顯著較對照組減少落果率。最後於 2019 年 1 月 2 日收穫時，對照組落果率達 23.41%，而 GA₃ 處理的落果率減少為 9.7%。第 2 批與第 3 批試驗於 2 種不同處理間的落果率皆沒有顯著性差異。第 4 批試驗結果顯示，2019 年 1 月 16 日 與 2019 年 1 月 23 日 的對照組落果率分別為 8.2% 與 10.4%，顯著高於施用 GA₃ 的 2.3% 與 4.1%。

進一步分析試驗期間的溫度變化情形，可見平均溫度在 10-12 月的平均溫度較 1 月與 2 月高 (圖 4)。可能因此導致前期收穫的果實落果率較高，而在 1 月-3 月因環境溫度較低採收的果實落果率較低。由以上試驗結果顯示，當溫度較高時，若每週施用 GA₃ 的處理可顯著減少落果比例。當時間進到 1 月之後，氣溫較低，落果情形較低的情形，則施用 GA₃ 則不能進一步減少落果的情形。

結果與討論

造成鳳梨釋迦採收前落果的原因很多，包括著果數過多、果實與枝條營養競爭、高溫等逆境環境造成離層發生(林等，2017；張等，2021；Arseneault and Cline，2016)。鳳梨釋迦的落果主要發生於採收前 1 個月，鳳梨釋迦於授粉後 16 週(112 天)之後較會有落果情況的發生(張等，2021)。進一步將每週增加的落果率與每週氣象資料進行相關性分析如表 1 所示，可見落果率與落果發生前 8-14 天的平均氣溫有極顯著的相關性。鳳梨釋迦採收後需於 20°C 的環境要 7.2 天軟熟(江與盧，2020)，比對本試驗結果推論，鳳梨釋迦果實於授粉後 16 週後，遇到平均溫度較高時，可能會引發催熟等生理反應，進而增加 7 天後落果率增加的機會。

本試驗結果顯示，於12月到1月初成熟的鳳梨釋迦果實，如遇較高氣溫，會造成高落果情形，若每週施用10 ppm GA₃，可以顯著減少落果率，有助於減少農民損失。植物體內原本來就存在內生的 GA₃，部分作物使用添加的 GA₃ 輔助生產使用，據農業部植物保護資訊系統資料，GA₃目前容許在葡萄、草莓、蓮霧、梨、芹菜與菠菜等作物輔助生產使用，鳳梨釋迦仍待防檢署公告尚可在產業生產使用。但因暖冬趨於常態，預估在未來氣候環境下，鳳梨釋迦的採收前落果會形成產業缺口，適當施用 GA₃ 減少落果發生，有潛力成為提升鳳梨釋迦產業競爭力的關鍵技術。

謝辭

感謝農業部支持研究經費，研究過程承蒙台東縣卑南鄉陳獻明先生與王俊勤先生提供鳳梨釋迦試驗場域，並感謝農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所劉秀雲小姐與林瑞芬小姐協助本研究進行，一併致上無限謝忱。

引用文獻

1. 江淑雯、盧柏松. 2011. 鳳梨釋迦在台東地區之果實生長與特性. 臺灣園藝 57(1):9-17.
2. 江淑雯、盧柏松. 2020. 溫度對鳳梨釋迦後熟之影響. 臺東區農業專訊 113:23-25.
3. 林延諭、陳奕君、盧柏松. 2017. 鳳梨釋迦生理落果現象介紹與防範措施. 臺東區農業專訊 100:13-15.

4. 張芳魁、江淑雯、盧柏松. 2021. 高溫對鳳梨釋迦採前落果的影響. 臺東區農業專訊 116:13-15.
5. 盧柏松. 2019. 鳳梨釋迦生理特性對產期之影響. 臺東區農業專訊 108:8-11.
6. 蘇德鎮. 2004. 春季鳳梨釋迦落果原因之探討. 臺東區農業改良場研究彙報 15:41-54.
7. Arseneault, M.H. and J.A. Cline. 2016. A review of apple preharvest fruit drop and practices for horticultural management. *Sci. Hortic-Amsterdam* 211:40-52.
8. Estornell, L.H., J. Agust, P. Merelo, M. Talon, and F.R. Tadeo. 2013. Elucidating mechanisms underlying organ abscission. *Plant Sci.* 199-200:48–60.
9. Ferguson, L. and E.E. Grafton-Cardwell. 2014. *Citrus production manual*. Univ. California, Agr. Natural Resources, Oakland, CA.
10. Gill, K. S., and J. S. Bal. 2011. Impact of application of growth regulators on Indian jujube. In *II International Jujube Symposium*. p. 119-124.
11. Goenaga, R., and D. Jenkins. 2016. Yield and fruit quality traits of atemoya hybrids grown in Puerto Rico. *HortTechnology* 26(4):547-551.
12. Gupta, A., V. K. Tripathi, and J. K. Shukla. 2022. Influence of GA₃, Zinc and Boron on fruit drop, yield and quality of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). In *Biol. Forum-Int. J.* 14:1079-1083.
13. Iglesias, D.J., M. Cercos, J.M. Colmenero-Flores, M.A. Naranjo, G. R. E. Carrera, O. Ruiz-Rivero, I. Lliso, R. Morillon, F.R. Tadeo, and M. Talon. 2007. Physiology of citrus fruiting. *Braz. J. Plant Physiol.* 19:333–362.
14. Nakasone, Y.H. and R.E. Paul. 1998. *Tropical Fruits*. In: *Crop Production Science in Horticulture Series*, CAB International, Wallingford, 468.
15. Patterson, S.E. 2001. Cutting loose. *Abscission and dehiscence in Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 126(2):494–500.
16. Singh, S., T. Livingston, L. Tang, and T. Vashisth. 2022. Effects of exogenous gibberellic acid in huanglongbing-affected sweet orange trees under Florida conditions—II. Fruit production and tree health. *HortScience* 57(3):353-359.
17. Wang, Y., T. Tao, P. Liao, and Q. Deng. 2018. Effects of GA₃, NAA and PCPA on the fruit drop rate and quality of *Ziziphus jujuba* ‘Zhanshanmizao’. In *2018 7th International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2018)* p. 1406-1409.

**Study on the Application of Gibberellic Acid (GA₃) to
Reduce Abnormal Fruit Drop in Atemoya
(*Annona x atemoya*)**

Hsin-Hsiu Fang, Shu-Hui Huang, Hsiu-Yen Ma, Chih-Cheng Hsu and
Kuo-Tung Chiu

Department of Tropical Fruit Trees, Fengshan Tropical Horticultural Experiment
Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture.

ABSTRACT

Atemoya (*Annona x atemoya*) is an important fruit tree in Taiwan, with fruit production sensitive to environmental changes, often leading to fruit drop. This study was conducted over two consecutive years, aiming to reduce fruit drop by applying gibberellic acid (GA₃). Results showed that for fruits maturing between December and January, where higher environmental temperatures were observed, the fruit drop rates for control groups were 32.1%, 44%, and 23.41% across different batches. Weekly treatment with 10 ppm GA₃ significantly reduced the fruit drop rates to 17.8%, 9.9%, and 9.7%, respectively. For fruits maturing between January and March, where the control group had fruit drop rates below 10%, no significant differences were observed with GA₃ treatment. Further correlation analysis between fruit drop rates and weather data from 8-14 days prior to the drop revealed a significant positive correlation with average temperatures, with a correlation coefficient (*r*) of 0.57. The study concluded that in higher temperature environments, the application of 10 ppm GA₃ effectively reduces pre-harvest abnormal fruit drop.

Key words: atemoya, gibberellic acid, plant growth regulators, fruit drop, post-ripening, warm winter.

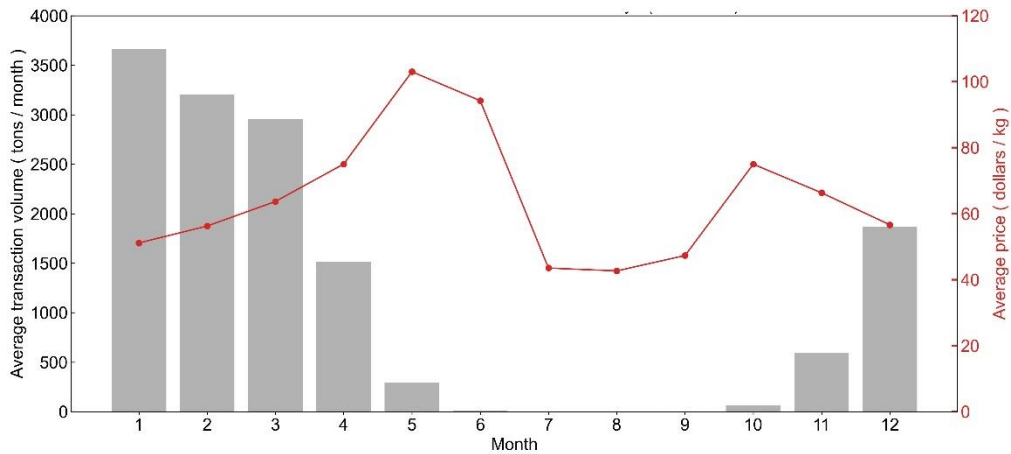


圖 1. 2014 - 2023 年全台拍賣市場月均銷售量與銷售均價。X 軸表示全年不同月份，Y 軸左邊為平均銷售量，Y 軸右邊為銷售均價。

Fig.1. Average monthly sales volume and average sales price in Taiwan's auction market from 2014 to 2023. The X-axis represents different months of the year, the left Y-axis shows average sales volume, and the right Y-axis shows average sales price.

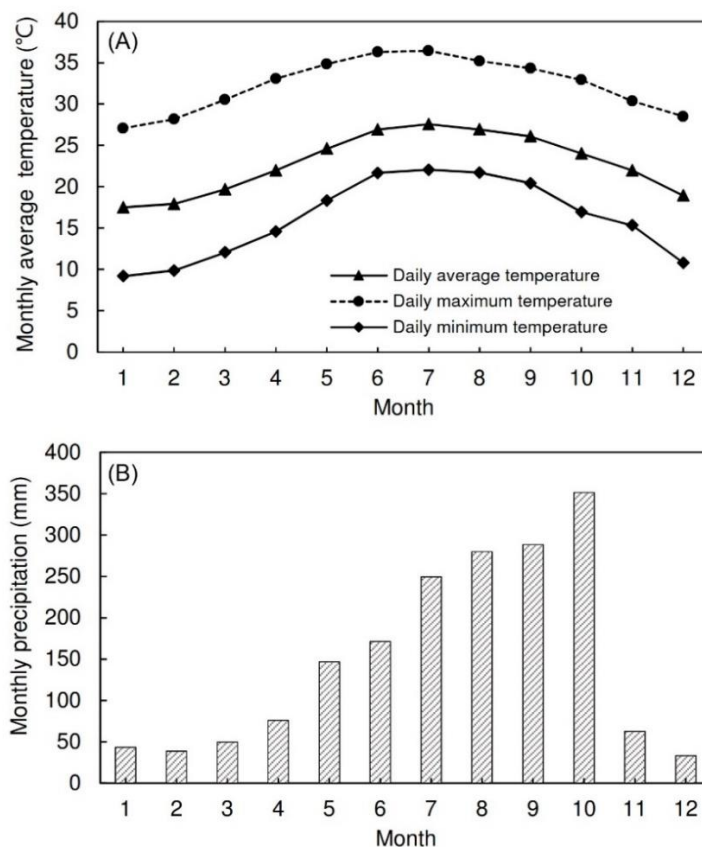


圖 2. 2014-2023 年鳳梨釋迦主產地氣象資料。(A)每月平均溫度，(B)每月累積降雨量。(東改班鳩分場氣象站：72S200)

Fig.2. Meteorological data from the main production area of atemoya from 2014 to 2013. (A) Average monthly temperature, (B) Monthly accumulated precipitation. (Weather station: 72S200)

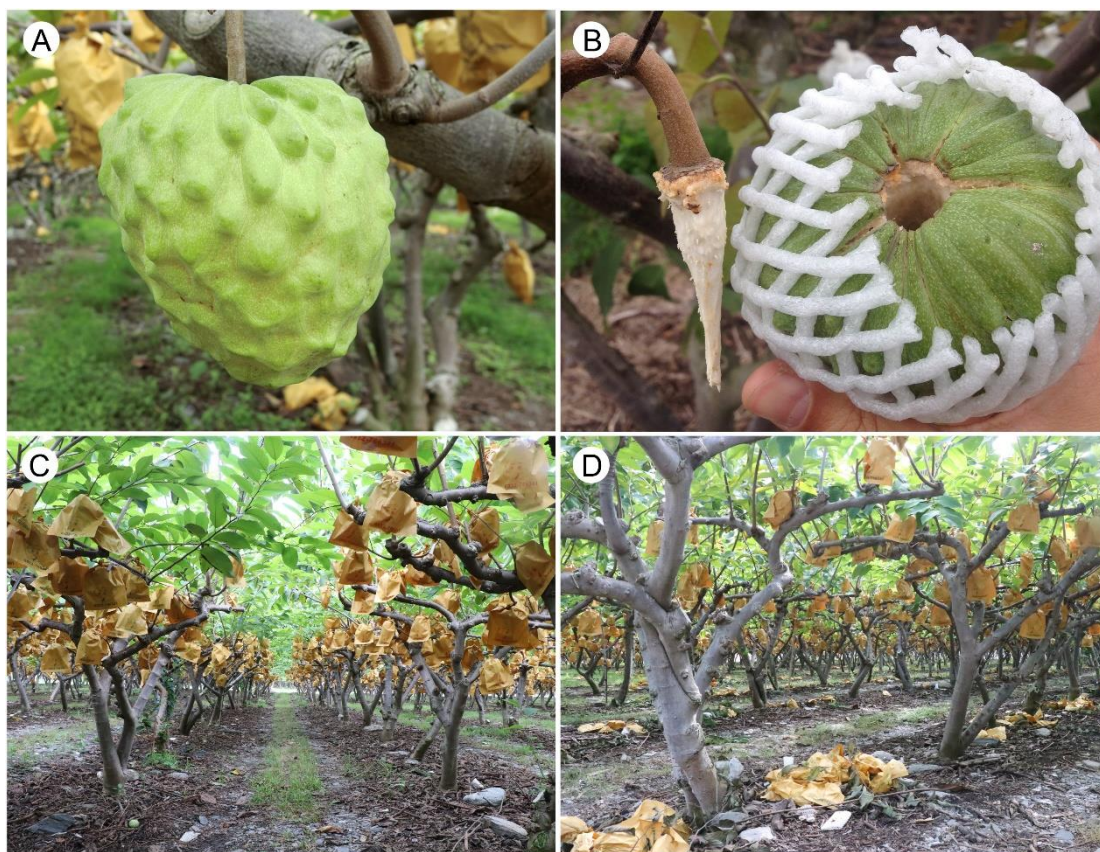


圖 3. 台東地區鳳梨釋迦著果與異常落果情形。(A)鳳梨釋迦正常著果，(B)鳳梨釋迦異常落果果梗抽心，(C)鳳梨釋迦無明顯落果，(D)鳳梨釋迦異常落果於地面。
Fig.3. Fruit set and abnormal fruit drop conditions of atemoya in the Taitung area. (A) Normal fruit set, (B) Abnormal fruit drop with exposed stem, (C) No significant fruit drop orchard, (D) Abnormal fruit drop on the ground.

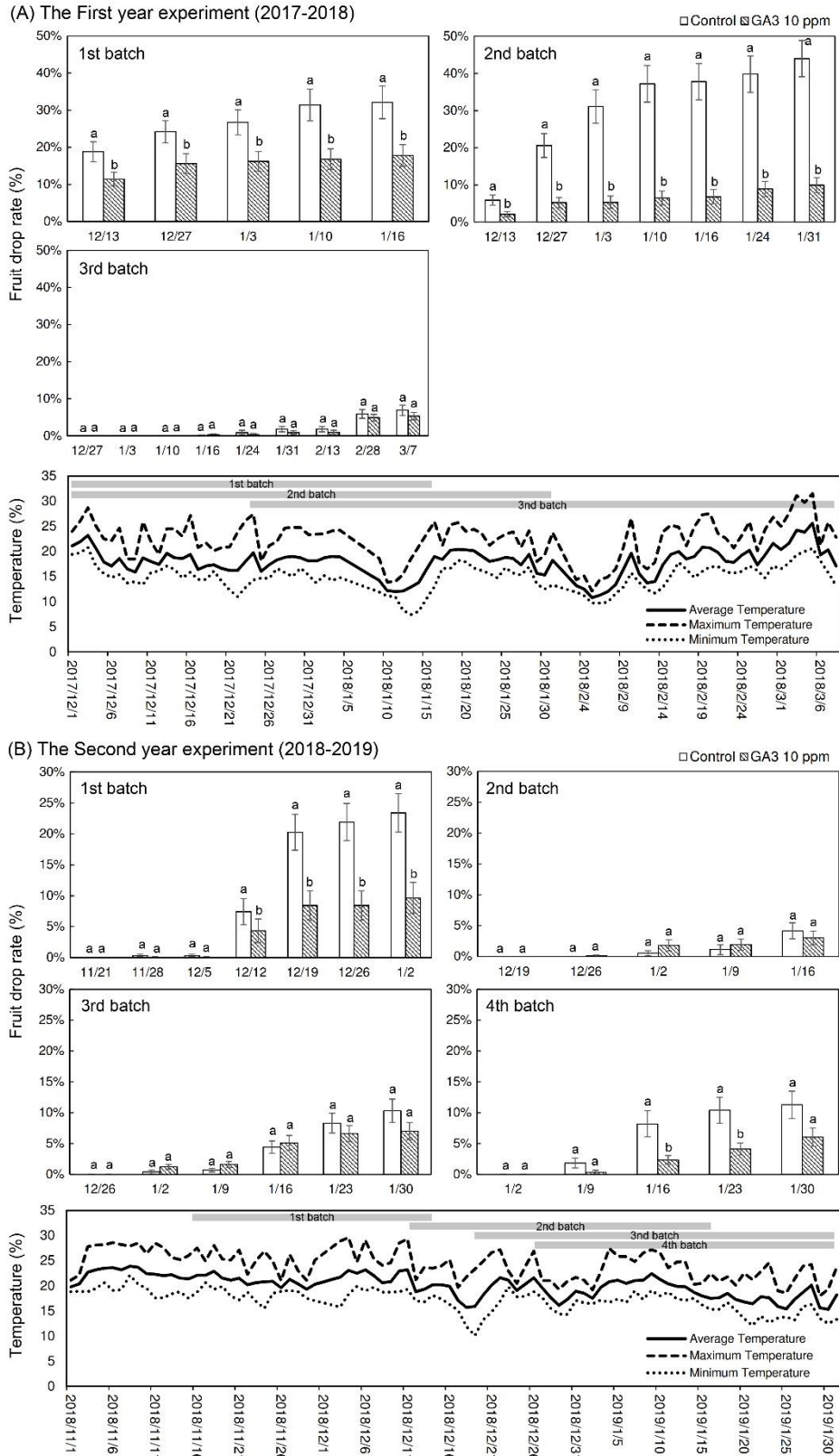


圖 4. 鳳梨釋迦進行 GA3 處理之落果率調查結果。(A) 第 1 年試驗(2017-2018 年) , (B) 第 2 年試驗 (2019-2019 年)。

Fig.4. Results of fruit drop rate survey with GA3 treatment on Atemoya. (A) First-year experiment (2017-2018), (B) Second-year experiment (2018-2019).

表 1. 鳳梨釋迦落果率與氣象因子之相關係數。

Table 1. Correlation coefficient (r) between atemoya fruit drop rate and meteorological factors.

Meteorological factors	Days before fruit drop rate investigation		
	1 - 7 days	8 - 14 days	15 - 21 days
Average temperature (°C)	0.22	0.57**	-0.01
Relative humidity (%)	0.01	0.12	-0.28
Precipitation (mm)	-0.18	0.00	-0.21
Sunshine (h)	-0.07	0.44	0.33

紅龍果經檢疫蒸熱處理後對外觀與櫥架壽命之影響

劉碧鵬、陳薪曉

農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系

摘要

本研究旨在探討輸日紅龍果(*Hylocereus* spp.) 在進行蒸熱處理後對外觀變化與櫥架壽命的影響，特別針對符合日本檢疫要求的技術條件進行蒸熱處理。依據規範，紅龍果外銷日本必須接受蒸熱處理，其條件為利用飽和蒸氣使庫溫達 48°C 以上 136 分鐘，使果實中心溫度達 46.5°C 以上處理 30 分鐘(或以上)，全程處理時間需超過 166 分鐘，以有效消除潛在有害生物。本研究評估了三個紅肉品種-‘大紅’、‘蜜寶’及‘蜜玄龍’，觀察其蒸熱處理後的品質表現，包括外觀鱗片黃化指數、冷藏後櫥架壽命、褐斑病覆蓋比率及其風味變化。結果顯示，蒸熱處理對此三種紅肉品種果實外觀及風味並無不良影響；蒸熱處理後再經 5°C 冷藏 10 天，出庫當天外觀仍相當新鮮。在離開冷藏庫之後置於室溫下其櫥架壽命約 5-7 天，若出庫後能在低溫環境下，評估其銷售期應可以超過 10 天；此外，‘蜜寶’品種在三個品種中外觀表現最佳，鱗片也較為鮮綠。本研究結果，蒸熱處理並不會影響紅龍果的食用風味或是品質，同時它也會是一種延緩紅龍果的貯藏病害的有效方法。

關鍵詞：紅肉種紅龍果、蒸熱處理、採收後處理技術

前言

近年來，隨著適應臺灣的氣候與紅龍果優良品系的選育，加上產期調節技術的成功開發，紅龍果的種植面積、產量及市場價格持續提升，使其成為臺灣重要的新興果樹之一(劉等，2015)。紅龍果是東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis*) 的寄主，在輸往非疫區的日本市場時，需經過蒸熱檢疫處理(vapor heat treatment VHT)(陳和陳，2022；廖等，2010)。這種檢疫方式需使用帶有飽和水氣的熱風，將果心溫度加熱至 46.5°C 並保持 30 分鐘，以有效殺滅果實內的東方果實蠅幼蟲和蟲卵，確保果實符合進口規範(陳和陳，2022)。臺灣的白肉種紅龍果雖早在民國 99 年即獲得日本政府核准出口，之後雖有少量的出口，但在 106 年之後即沒有出口日本的紀錄(財政部關務署(web.customs.gov.tw—海關進出口統計)。另外紅肉種紅龍果的開發與輸日准入，臺灣的相關單位進行了長達 8 年的技術研究與開發，包括檢疫處理技術的設計和測試。經過持續努力，最終獲得日方認證並批准輸日紅肉種紅龍果，並在 113 年完成首批紅肉種紅龍果檢疫及封櫃的輸出(林，

2024)。

蒸熱處理對紅肉種紅龍果的品質是否會造成影響，是否會導致鱗片的失水和下垂，影響果實的外觀和銷售價值，在白肉種的試驗中會加速鱗片失水而造成萎凋，影響外觀賣相(陳等，2022)。有關紅肉種蒸熱處理後其果實品質與貯運條件及保鮮技術等資料仍相對缺乏，亟需進一步研究與建立，以支持國產紅龍果外銷市場的拓展。

去年，紅肉種紅龍果終於成功通過了日本的蒸熱處理檢疫標準，再創下出口版圖，這標誌著臺灣紅龍果產業邁向國際市場又一重要進展。本研究旨在探討不同品種對紅肉種紅龍果在蒸熱處理過程中的耐受性，同時觀察不同品種與栽培方式對鱗片失水皺縮與櫥架壽命的影響。期望研究結果能為臺灣紅龍果產業提供科學依據，進一步提升外銷品質和市場競爭力。

前人研究

壹、紅龍果產業概況

紅龍果(*Hylocereus* spp.)為仙人掌科(Cactaceae)多年生攀緣性肉質植物，分為三角柱屬(*Hylocereus*)的紅皮紅龍果與西施仙人柱屬(*Selenicereus*)黃皮黃龍果；三角柱屬又依果肉顏色分為紅肉種(*H. polyrhizus* Britt. & Rose)與白肉種(*H. Britt. & Rose*)，原產於中南美洲的哥斯大黎加、瓜地馬拉、巴拿馬、厄瓜多爾、古巴及哥倫比亞等地(Morton, 1987)，人工栽培已遍及於美國、中國、泰國、越南、馬來西亞與台灣等國家，目前台灣商業栽培品系則以紅肉與白肉種為主，近年市場上又可以見到屬間雜交果-雙色、粉紅等新品種(系)，惟栽培上仍以紅肉種為大宗，佔栽培面積 80%以上(劉，2017)。

紅肉種紅龍果是幾年來熱門的新興水果，富含纖維素、維生素及葡萄糖等營養成分(鄧，2005)，且含有具高抗氧化力的甜菜紅素(betacyanins)(王，2006；Wybranice *et al.*, 2002)，因此受到國人的喜愛，其特殊外觀在外銷市場也非常受到歡迎。近年陸續選育出不少紅肉品種(劉，2017)，本次所選用材料共有3個品種，介紹大致如下：

1. ‘大紅’：具自花親和性，且柱頭與雄蕊距離較短，不需人工授粉即有中等以上果形，開花期間如遇下雨亦不影響著果(但果形仍會偏小)。平均單果重可達 400g 以上(南部地區的盛夏時節較不耐熱，果實較小)。果形偏圓形，鱗片寬、短且薄，運輸上果皮不易因鱗片摩擦而有擦傷痕。八分熟果實果心可溶性固形物平均可達 20 °Brix 以上。果萼雖短，裂果率中等。當年發育的肉質莖較為下垂，具有不易被強風吹斷的優點。缺點為果肉質地較鬆軟，皮薄，是故櫥架壽命亦較短。目前在紅肉種中本品種栽培面積約占八成。
2. ‘蜜玄龍’：為自‘大紅’種中所選育的變異品系。‘蜜玄龍’皮色紅，肉色較‘大紅’稍淡，果形圓，果肉較‘大紅’脆，皮色亮，香氣較‘大紅’為濃。其生育

習性與‘大紅’一樣具自花親和性，不需異花異種授粉即可正常著果，但夏期果的花粉活力較不受高溫影響，果形表現較‘大紅’為大，並且枝條對氣候逆境的適應性較佳，枝條黃化崩解症較少見，果皮亦少見皺皮的情形。其與‘大紅’的差異主要在鱗片的表現上，‘蜜玄龍’鱗片寬度小且呈披針形、黃綠色，而‘大紅’鱗片寬大並呈三角形、紅褐色兩者具有差異性。

3. ‘昕運 1 號-蜜寶’：果形橢圓或圓球形，鱗片較白肉種短小，容易包裝、裝箱。果萼深度雖淺，但較其它紅肉品種不易裂果。八分熟果實果心可溶性固形物平均達 18° Brix 以上，肉質爽脆。果實貯運性佳，耐貯放，室溫下有 5 天，低溫(5°C)冷藏下可長達 2 星期以上的櫥架壽命。掛果期長，果皮轉紅後 1 星期不採果亦不易裂果。枝條刺座稍長於白肉種，但短於紅肉種，所以在栽培管理、採果等作業操作上，為紅肉種中較不易被刺傷的品種。本品種定位為外銷用栽培種，以輸銷國外市場為主。

貳、紅龍果採收後真菌性病害

果品貯藏最主要的限制因子為採後病害造成的腐損與品質劣變。褐斑病 (*Alternaria fruit rot*) 為紅龍果重要的貯藏性真菌病害(王, 2019; 林, 2022)，常在花後 7-21 天即潛伏感染，冬天的發病率較低。果實冷藏(2-4 °C) 2-3 週以上時，常可見到本病害的發生，造成果實商品價值減低或是海運外銷的腐損。當果實在常溫貯藏時，本病害亦會於在 10-15 天後出現。如紅龍果品種‘富貴紅’的果實在採後容易因真菌病害而發生腐損(劉, 2018)，以 58°C 溫湯處理 15 秒可有效降低 5°C 貯藏期間果實的病害等級，延緩櫥架期間呼吸率上升，並較對照組延長櫥架壽命約 2.6 天。在洪(2022)處理的試驗中，以 55°C 蒸熱處理 60 分鐘能有效降低紅龍果果實病害嚴重程度，且不會對果實品質及果皮顏色有負面影響。但蒸熱處理時間大於 120 分鐘，則會引起紅龍果果實因熱害之組織損傷，而誘發病原易感性。

參、蒸熱檢疫處理及減緩失水之技術

檢疫 (quarantine) 是為防止因蔬菜、水果及花卉等農產品的國際貿易而引起的害蟲傳播與擴散，對帶有害蟲的植物材料進行滅蟲和消毒處理，以避免將疫區的害蟲帶入非疫區國家。目前常用的檢疫處理方式包括化學及物理方法，其中溫度檢疫處理是最常見的。溫度檢疫處理透過讓害蟲暴露於致死溫度來達到滅蟲效果，且無論是高溫或低溫處理，都無化學殘留問題，因而成為近年廣泛應用的檢疫方式。高溫檢疫方法包括溫湯處理(hot water treatment)、蒸熱處理(vapor heat treatment)及熱風處理(hot air treatment)(Lurie, 1998)。

其中，蒸熱處理是以飽和水氣作為熱傳導介質，使用 40~50°C 的熱風，使果實表面凝結水分傳導熱量至內部，逐漸提升產品溫度，達到滅蟲效果。該過程通

常需要較長時間，以確保殺死檢疫害蟲的幼蟲和蟲卵。根據我國主要外銷市場的檢疫規定，蒸熱處理必須讓果心溫度達到46.5°C並保持30分鐘，方能通過殺蟲測試 (Wang *et al.*, 2001)。此方法常應用於芒果(*Mangifera indica* L.)、木瓜(*Carica papaya*)等熱帶水果，以防治東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* Hendel)和瓜實蠅(*Bactrocera cucurbitae* Coquillett.)(Lurie, 1998)。

在紅龍果的輸出檢疫中，蒸熱處理同樣被應用於殺滅害蟲，特別是東方果實蠅的幼蟲和蟲卵。臺灣的蒸熱處理技術由動植物防檢署及臺中分署的研究小組開發，經過多年的實驗及驗證，才確立了能滿足輸出國檢疫要求的處理標準(陳等，2022)。此處理技術需要使果心溫度達到46.5°C並持續30分鐘，以通過輸出市場的檢疫要求(廖等，2010)。紅龍果在經過此檢疫方式處理後，需快速進行冷卻，以減少因溫差造成的水分流失效應，這種處理方法已成為確保紅龍果外銷的重要措施。

材料與方法

(一)試驗材料

選用‘大紅’、‘蜜玄龍’及‘蜜寶’三個不同品種的紅肉種紅龍果為試驗材料。‘大紅’果實採自臺南玉井，栽培模式採11目螺旋織網室隔離栽培，著果期間未再進行套袋，完全接受網室內自然光線的照射。‘蜜玄龍’採自南投名間，為露天栽培，果實發育期間以套袋方式來預防東方果實蠅及鳥害。‘蜜寶’果實來自雲林虎尾，一樣係採露天套袋栽培的方式。樣本採收時間紅龍果的成熟度約略是8分到9分熟度不等，因試驗調查期間為照燈的產調果，各品種果實發育日數受栽培環境區域影響，大致為花後60-80天採收。

(二)試驗方法

1. 調查方式

試驗樣品每品種(‘大紅’、‘蜜玄龍’及‘蜜寶’)，各處理3箱(每箱6公斤)，經冷藏處理後每箱各取樣2-3粒，共10粒進行觀察。調查時間包括蒸熱當天處理完後、冷藏5°C 10天之後的出庫當天及之後的第3、5、7、9天時進行。

2. 蒸熱處理

每個品種的果實分為蒸熱處理(VHT)組與對照(CK)組兩種，蒸熱處理組完全仿照輸日檢疫條件，方法為利用飽和蒸氣保持庫內溫度達48°C 136分鐘以上，維持90%以上濕度，果心溫度並達46.5°C以上處理30分鐘(或以上)，進蒸熱庫處理時間需超過166分鐘。在溫度到達後立即取出利用大型風扇通風降溫，降溫10分鐘之後迅速包裝裝箱，以裸果方式不進行套袋直接裝入原來的包裝紙箱，後拉入5°C冷藏庫等待運送回本分所。模擬海運期程與清關領貨估算10天時間，

故進行 10 天的冷藏，10 天之後出庫取出置於室溫下(以冷氣機調整 28°C環境)進行觀察。

3. 鱗片萎凋指數

以肉眼評估果實腰部位鱗片黃化與其鱗片萎凋程度，並以計分方式表示：黃化指數 0 表示無差異；(+)表示輕微黃化(1-2%)；(++)表示輕度黃化(2-5%)；(+++)表示中等黃化(5-10%)，鱗片尖端並出現萎凋；(++++表示重度黃化(10-15%以上)，鱗片尖端萎凋超過 1/3；(+++++)表示嚴重黃化萎凋，果實外觀評定無販售價值。

4. 果實病害指數

以肉眼評估全果褐斑病覆蓋面積比例，並以計分方式表示：病害指數 0 表示無出現任何病斑；(-)表示輕微罹害(面積 1-5%)；(--)表示輕度病害(面積達 5-10%)；(---)表示中等嚴重(面積達 11-25%)；(----)表示重度病害(面積達 25-50%)；(-----)表示嚴重病害，果實無商品價值(面積達 50%以上)。

結果與討論

(一)不同品種對蒸熱處理的耐受性影響

本試驗針對三種紅肉種紅龍果品種-‘蜜寶’、‘大紅’和‘蜜玄龍’進行蒸熱處理的耐受性調查。三品種在蒸熱處理前後並無明顯差異。同時現場品評蒸熱後的果實風味，甚至有比 CK 還要好吃的現象。

蒸熱後再經 10 天冷藏後的品種比較，‘蜜寶’鱗片在出庫當天仍能保持鮮綠且完整，顯示其具有較強的貯藏與耐受性，外觀無嚴重損傷，是適合長時間貯藏與運輸的品種。而‘大紅’的鱗片在處理之後雖稍有黃化現象，但冷藏 10 天後出庫當天仍有良好的外觀，仍具有商品價值。相較之下，‘蜜玄龍’的鱗片表現最差，黃化程度明顯且日後伴隨壞疽也較為嚴重，這可能與其採收成熟度較高、對高溫處理的敏感較強有關。上述結果初步顯示，品種與採收成熟度對蒸熱處理的耐受性具有差異性，在後續的輸日作業品種選擇上與採收成熟度上應列入參考，以提升果品櫥架壽命。

(二)不同栽培模式對蒸熱處理的耐受性影響

本試驗針對兩種栽培模式-露天栽培與套袋栽培，兩種紅肉種進行外觀與鱗片新鮮度進行調查調查，‘大紅’品種的鱗片即較為鮮綠，蒸熱處理+冷藏 10 天後的表現較套袋栽培的外觀褐化萎凋不明顯，於室溫下第 9 天之後的鱗片變化如下圖 3。顯示蒸熱前的鱗片狀態即決定日後的貯藏壽命，採收前的栽培模式本身並不會影響蒸熱處理後的櫥架壽命，而是鱗片的新鮮度或是硬挺度在決定。

(三)蒸熱處理對採後病害的影響

褐斑病為紅龍果採收後重要的真菌性病害，常在幼果階段潛伏感染。由於內銷市場的紅龍果較少以冷藏方式貯藏，因此對此病害的預防措施相對不足。本試驗將紅龍果置於5°C冷藏庫中10天，接著在室溫下置放9天(模擬上架販售狀態)，在歷經19天之後，期間陸續觀察到褐斑病斑的出現(如表2)。

試驗結果顯示，三個品種中，‘蜜玄龍’的褐斑病發生率較早，可能與其採收時成熟度較高有關。而‘大紅’品種的採收成熟度較低，室溫下儲放第9天之後才出現褐斑病。‘蜜寶’品種看起來是較耐褐斑病的品種，至第9天為止，都沒有出現病斑，但第5天後卻出現寒害的水漬狀斑點，顯示此品種可能較不耐低溫冷藏。

值得注意的是，蒸熱處理對冷藏過10天的紅龍果櫥架壽命有提升的功能。與對照組相比，經蒸熱處理後的果品褐斑病的病果出現發生時間與病斑覆蓋率(表3)均有所延遲，褐斑病發生率較CK為少，顯示蒸熱處理能在一定程度上減緩病害的發展，提升紅龍果的貯藏性。此結果也與劉(2018)與江等人(2011)在‘富貴紅’進行溫湯處理延長保鮮的效果一致。

比較採收成熟度間的差異，隨著成熟度的增加，褐斑病的出現會有提早出現的情形，減少櫥架壽命，使果實提早喪失商價值。‘蜜玄龍’因採收成熟度較高，出現褐斑病的時間較其他兩品種為早，且第9天後的病斑覆蓋率也較高嚴重。而蒸熱處理過的果實其相對較CK發病輕微，此結果也與劉賀瑄(2018)與江一蘆等人(2011)在‘富貴紅’進行溫湯處理延長保鮮的效果一致。

未來展望

2024年6月，日本正式開放臺灣紅肉種紅龍果的進口(涵蓋紅肉、紫紅肉及雜交種等品種)。這不僅拓展了臺灣紅龍果在國際市場的知名度，也可望提升果農的收益和產業發展。然而，為確保紅肉種紅龍果在蒸熱處理後能保持優良的外觀和品質，臺灣相關部門和研究機構針對檢疫處理後果實的鱗片萎凋問題進行了多項技術改進，如預冷技術、包裝方法的優化及採收前管理措施等。這些技術不僅延長了果實的保鮮壽命，也提高了其對長途運輸和貯存的耐受性，確保產品在進入日本市場後能夠保持良好的賣相和品質。

改進蒸熱處理後的冷卻方法與優化包裝材料和技術是未來重要的研究方向。在貯藏和運輸方面，保持全程冷鏈管理(5°C±2°C)是確保紅肉種紅龍果到達消費市場時仍能保持其外觀和口感的關鍵。如何在冷鏈環節中進一步減少水分流失和延緩果實老化，是未來研究需要解決的技術問題。

最後，與市場需求和消費者偏好的變化同步，未來的研究應著眼於品種改良和選育耐受蒸熱處理的新型紅肉種紅龍果品系。這不僅能提高果實在蒸熱處理後的耐受性，也有助於提升其適應不同市場條件的能力。結合前述技術的全

面管理策略，紅肉種紅龍果在國際市場中的競爭力將大幅提高，為台灣果農和出口商帶來更高的經濟效益。

謝辭

本研究的順利完成，特別感謝防檢署臺中分署林高偉博士的技術支援，在蒸熱處理過程中提供了專業的技術協助，在此深表謝意。

引用文獻

1. 王清中. 2019. 臺灣紅肉種紅龍果褐斑病之鑑定與防治. 國立中興大學植物病理學系碩士論文. 台中.
2. 王蕙巧. 2006. 紅龍果果實生長發育之理化特性與採後生理之研究. 國立屏東科技大學農園生產系碩士論文. 屏東.
3. 江一蘆、劉賀瑄、張栢滄. 2011. 短時間溫湯處理對採後紅龍果果實保鮮的影響. 臺灣園藝 68(3):157-170.
4. 林筑蘋. 2022. 主要果樹外銷作業與處理專書-紅龍果. 行政院農業委員會農糧署編印.
5. 林怡均. 2024. 走過崩盤危機，紅龍果產銷回穩，大紅喜氣祭祀、保健皆宜，外銷開紅盤更添底氣. <<https://www.newsmarket.com.tw/blog/211844/>>.
6. 洪瑄吟. 2022. 熱處理對紅龍果採收後病害及品質的影響. 國立中興大學碩士論文. 台中.
7. 陳俞安. 2013. 改善白肉種紅龍果蒸熱處理後苞片萎凋之研究. 國立臺灣大學生物資源暨農學院園藝景觀學系碩士論文. 台北.
8. 陳俊憲、陳素琴. 2022. 輸出檢疫程序與規範-以紅龍果為例. 主要果樹外銷作業與處理專書. 行政院農業委員會農糧署編印.
9. 廖吉彥、鄧汀欽和陳素琴. 2010. 開發輸日外銷紅龍果之檢疫處理及市場潛力. 農業試驗所技術服務 81:13-15.
10. 劉賀瑄. 2018. 溫湯處理對富貴紅紅龍果果實保鮮效果之研究. 國立嘉義大學園藝學系碩士論文. 嘉義.
11. 劉碧鵬等. 2015. 紅龍果的栽培與管理. 天晴文化事業出版.
12. 劉碧鵬. 2017. 介紹幾種近年選育的紅龍果紅肉栽培品種. 園藝之友 182:22-25.
13. 鄧秀玫. 2005. 仙人掌紅龍果(*Hylocereus* spp.)果皮成分分析及品質評價之研究. 國立屏東科技大學農園生產系碩士論文. 屏東.
14. Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol Technol.* 14:257-269.
15. Mizrahi, Y., A. Nerd, and P.S. Nobel. 1997. Cacti as crops. *Hortic Rev.* 8:291-319.
16. Morton, J. 1987. Cactaceae, strawberry pear. *Fruits warm Clim* 347-348.
17. Nerd, A., F. Gutman, and Y. Mizrahi. 1999. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). *Postharvest Biol Technol.* 17.
18. Nobel, P. 1975. Effective thickness and resistance of the air boundary layer adjacent to spherical plant parts. *J Exp Bot.* 26:120-130.
19. Wybraniec, S. and Y. Mizrahi. 2002. Fruit flesh betacyanin pigments in *Hylocereus* cacti. *J Agric Food Chem.* 50:6086-6089.

Effects of Quarantine Vapor Heat Treatment on the Appearance and Shelf Life of Dragon Fruit Exported to Japan

Pi-Chuan Liu and Hsin-Liang Chen

Department of Tropical Fruit Trees, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture.

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effects of vapor heat treatment (VHT) on the appearance changes and shelf life of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus* spp.) intended for export to Japan, with a focus on complying with Japan's quarantine requirements. According to the regulations, dragon fruit exported to Japan must undergo VHT, where the chamber temperature must reach at least 48°C and be maintained for over 136 minutes, while the fruit core temperature must reach at least 46.5°C and be maintained for 30 minutes to effectively eliminate potential harmful organisms.

The study evaluated the quality performance of three red-fleshed cultivars-‘Da Hong’, ‘Mi Bao’, and ‘Mi Xuan Long’-after VHT, including the yellowing index of scales, shelf life after refrigeration, incidence of brown spot disease, and flavor changes. The results indicated that VHT did not have any significant adverse effects on the appearance or flavor of the three cultivars. After VHT and refrigeration at 5°C for 10 days, the fruit remained visibly fresh upon removal from storage. The shelf life at room temperature after refrigeration was approximately 5-7 days. If the fruit is assessed in low-temperature conditions after removal from storage, its marketable period could extend beyond 10 days. Furthermore, the ‘Mi Bao’ cultivar exhibited the best appearance among the three.

The findings demonstrated that VHT does not compromise the flavor or quality of red-fleshed dragon fruit and is an effective method for delaying postharvest disease.

Key words: red-fleshed dragon fruit, quarantine vapor heat treatment, post-harvest treatment.

表1. 三個不同紅肉品種蒸熱處理冷藏10天，再置於室溫下鱗片厚度與黃化的變化。

Table 1. Changes in flake thickness and yellowing of three different dragon fruit red pulp varieties after vapor heating, 10-day refrigeration, and subsequent exposure to room temperature.

品種別	第1天		第3天		第5天		第7天	
	CK	VHT	CK	VHT	CK	VHT	CK	VHT
蜜寶	0	0	+	+	++	++	+++	++
蜜玄龍	+	0	++	+	+++	+++	++++	+++
大紅	0	0	+	+	++	+++	++++	+++

表2. 三個不同紅龍果品種出現褐斑病果日數的比較。

Table 2. Comparison of *Alternaria* fruit rot incidence among three different dragon fruit varieties.

品種別	褐斑病於室溫下出現粒數(粒數)					
	第1天		第7天		第9天	
	CK	VHT	CK	VHT	CK	VHT
蜜寶	0	0	0	0	0	0
蜜玄龍	0	0	3	2	2	3
大紅	0	0	0	0	2	0

表3. 三個不同紅龍果品種出現褐斑病斑覆蓋率的比較。

Table 3. Comparison of *Alternaria* fruit rot disease spot coverage of three different dragon fruit varieties.

品種別	褐斑病斑於室溫下覆蓋率(%)					
	第1天		第7天		第9天	
	CK	VHT	CK	VHT	CK	VHT
蜜寶	0	0	0	0	0	0
蜜玄龍	0	0	—	—	— — —	— —
大紅	0	0	0	0	— —	—



圖1. 三個紅肉種品種蒸熱處理冷藏10天，再置於室溫下第1天外觀鱗片的比較。
 Fig.1. Comparison of the appearance of scales on three red-fleshed cultivars after steam treatment, refrigerated for 10 days, and placed at room temperature for 1 day.



圖2. 三個紅肉種品種蒸熱處理冷藏10天後，再置於室溫下第7天外觀鱗片的比較。
 Fig.2. Comparison of the appearance of scales on three red-fleshed cultivars after steam treatment, refrigerated for 10 days, and then placed at room temperature for 7 days.



圖3. 不同栽培模式的紅肉種紅龍果蒸熱處理後模擬海運貯藏後櫥架壽命的觀察。

Fig.3. Observation of shelf life of red-fleshed dragon fruit from different cultivation models after steaming treatment and simulated storage following sea transport.

建立結球萵苣增加碳匯之栽培模式

羅惠齡、李碩朋

農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所蔬菜系

摘要

近年來運用農業廢棄物製作生物炭來改善土壤性質已慢慢受到重視。施用碳化稻殼可改善土壤物理性質和促進土壤微生物活性，使作物根部生長良好。本研究以結球萵苣‘常利 6 號’為測試品種，進行施用碳化稻殼增加土壤碳匯試驗。除了球高及生物量處理差異達 5% 顯著水準外，包括產量等其他園藝性狀各處理間並無顯著差異，因此結球萵苣栽培至少可以添加 2,500 公斤/0.1 公頃之碳化稻殼至土壤中。田區土壤分析結果為水分含量及總體密度處理間沒有顯著差異，但隨著施用碳化稻殼次數增加，土壤有機碳儲量有略為增加的情形。因此栽培結球萵苣田區施用碳化稻殼，可以提升土壤碳匯能力。

關鍵詞：結球萵苣、碳化稻殼、碳匯

前言

萵苣 (*Lactuca sativa* L.) 屬菊科 (Asteraceae) 一年生草本植物，為國內重要的外銷蔬菜之一。根據 2023 年農情報告資源網 (http://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp) 資料，臺灣全年栽培面積約 3,712 公頃，年產量約 7 萬 1 千公噸，主要種植地區為雲林縣 2,991 公頃，佔總面積的 80% (許等, 2009)。其次為桃園市 150 公頃及彰化縣 144 公頃。萵苣品種大致可分為六種類型：結球型 (criphead)、半結球型 (butterhead)、立生型 (romaine or cos)、葉萵苣 (leaf lettuce)、嫩莖萵苣 (stem lettuce) 及拉丁萵苣 (latin lettuce) (Rubatzky and Yamaguchi, 1997)。嫩莖萵苣栽培時期以中、南部秋、冬季栽培為主，葉萵苣則四季皆可生產。

台灣氣候高溫多雨，土壤中養分流失及有機質分解快速，因此導致農業用化學肥料或堆肥施用過量。近年來運用農業廢棄物製作生物炭來改善土壤性質已受到重視，農業上最常見的生物炭有稻殼炭、木質炭、竹炭及秸稈炭等 (黃等人, 2018)。台灣地區每年約產生 100 萬公噸的稻殼廢棄物，稻殼材質堅硬不易分解，直接施用於土壤中需長時間才能分解，因此改利用碳化稻殼資材更為廣泛。許多研究結果顯示，施用碳化稻殼對土壤性質及肥力有直接或間接的影響，包括改善土壤物理性質、改變 pH 值、提高保肥性、微生物活性和作物抗病性，因此可加以評估運用 (陳等人, 2011)。結球萵苣在台灣的生長期為 10 月至隔年的 4 月，外銷產期主要為 12 月至隔年 3 月。財政部關務署統計資料庫

(<https://portal.sw.nat.gov.tw/APGA/GA03>) 資料，結球萵苣外銷的數量為 5 萬 2000 公噸，目前結球萵苣全年進口量仍高於出口量，因此延長產期，無論針對國外或國內市場皆為重要議題。結球萵苣為冷涼的作物，適合台灣地區秋冬季節栽培。在中部地區採收適期為 12 月至隔年的 3 月，提早或延後種植會有頂燒症、不結球、抽苔、蟲害嚴重、萎凋死亡及植株腐爛等問題產生。擬施用碳化稻殼，配合活力 3 號養液土壤灌注栽培模式，在水分控制的環境下，使土壤礦質化減少，減少病害發生，讓結球萵苣栽培時間延長，期望在台灣地區全年均可生產結球萵苣，以增加農民的收益。

何謂生物炭？

生物炭 (biochar) 就是由生物質 (biomass) 在缺氧條件下高溫裂解碳化形成穩定的富碳固體產物 (Han *et al.*, 2020)。生物炭含碳量約 50%，施用 2% 生物炭於酸性土壤上，可幫助農作生產 (陳, 2022)。生物炭的製備原材料來源豐富，包括木材、農業廢棄物 (如稻稈、果殼)、生活中產生的有機廢棄物如污泥、植物組織、垃圾以及畜牧業產生的動物代謝廢物等都可以作為生物質原料，而其中牛糞、花生殼、碳化稻殼具有來源廣、容易取得、價格低及養分豐富等優點 (黃等人, 2018)。農業上常見的生物炭包括木炭、竹炭、稻殼炭、秸稈炭等。生物炭具有下列幾項特點：

一、高表面積：生物炭特殊的構造可以吸附土壤養分，使養分不易流失，並增加土壤的通氣性。

二、孔隙結構豐富：多孔隙，具有蜂巢格狀結構，可吸收自身重量 5 倍的水分，因具有良好的結構和理化性質，可作為優良的土壤改良劑，增加土壤的保水、保肥力，改善土壤環境、提高糧食產量。

三、不易分解：生物炭在自然環境下分解速度慢，因此可減少溫室氣體排放，施用於土壤中的生物炭可增加土壤碳匯，減少碳排，成為農業、環境等領域的研究重點 (余等, 2024)。黃等(2020) 選擇花生殼、水稻殼、小麥 秸稈、椰殼及生物燃氣副產物 5 種材料製備的生物炭及不同粒徑椰殼生物炭作為土壤調理劑，進行多種蔬菜盆栽試驗，試驗結果顯示，生物炭的施加均可不同程度提升土壤 pH 值、土壤有機碳含量及陽離子交換容量 (cation exchange capacity, CEC)。許多研究報告顯示，如供給適量的炭化資材，並額外施入養分至土壤中，將可增加作物對氮的吸收並增加產量。陳等(2011) 指出添加炭化資材將促進作物對土壤中氮的吸收效率，進而增加產量，儘管土壤中的無機態氮並無隨施用炭化資材而增加，主要原因是炭化資材對土壤物理特性的改善而使作物根系延展良好，故吸收氮的效率增加。

碳化稻殼之應用

水稻生產過程中所產生的稻殼及稻稈為農業廢棄物之一，稻殼中含有高量的矽與鉀，可以成為良好的有機資材。研究顯示，稻殼在缺氧、高溫的條件下加熱，使其碳化，裂解後的副產物—碳化稻殼，為生物炭的一種（邵等，1990）。經過炭化後所生成之碳化稻殼，透氣性良好，施用後可增加植物根部氧氣的供應。碳化稻殼之容水量高，可使砂質土壤之保水力提升，增加有益微生物生長。另外，碳化稻殼為鹼性有機資材，可用來改善酸性土壤（蘇，2011）。學者研究說明添加碳化稻殼而促使土壤中氮的固定，反而可較單獨添加堆肥時的土壤更能提供作物更為長效的有效氮供給，於農業管理上更具效益。試驗研究顯示，施用碳化稻殼可中和坡地農田土壤之 pH 及增加有效磷含量，進而促進小白菜產量（簡等，2014）。陳等（2011）探討土壤中添加不同量之稻殼生物炭改良劑，對土壤之性質以及其碳貯存與溫室氣體（CO₂ 和 N₂O）排放的影響。稻殼生物炭以每公斤土壤施用 0、5、10、15 公克，試驗結果顯示，稻殼生物炭的添加會顯著增加土壤 pH、有效磷及有效鉀含量以及碳貯存。孫等（2020）用不同比例的農業廢棄物，如發酵產氣後的沼渣、碳化稻殼、鋸屑、發酵後的秸稈等，做蔬菜栽培基質，進行葉用萵苣種植。試驗結果顯示，不同基質比例所產生的 pH 值不同，以此來比較葉用萵苣的種子發芽率、葉片長度、根長、植株品質及口感等指標，找到適合葉用萵苣生長發育的基質比例。因此，利用蔬菜基質栽培技術不但能夠減少農業廢棄物對環境的污染，更能避免田區連作障礙。

施用碳化稻殼對結球萵苣生長之影響

1. 碳化稻殼施用量試驗

利用結球萵苣常利 6 號品種為供試品種，至雲林縣麥寮鄉及高雄市鳳山區等二地區，面積為 0.1 公頃進行試驗。田區採逢機完全區集設計（randomized complete block design, RCBD），三重複，每小區 30 株，田區碳化稻殼施用量依葉菜類基肥施用推薦量 200 公斤/0.1 公頃為基準，以不施用碳化稻殼為對照。試驗調查結球萵苣株重、球高、球寬、莖長、葉綠素計（chlorophyll meter, SPAD-502）讀值及產量。

結球萵苣不同碳化稻殼施用量試驗中，施用 0、200、600 及 1,000 公斤/0.1 公頃等各處理間的性狀與產量並無顯著差異，因此將碳化稻殼施用量增加為 1,000 及 1,500 公斤/0.1 公頃，以未施用碳化稻殼為對照進行試驗，試驗結果如表 1 所示。除了球高差異達 5% 顯著水準外，其他性狀各處理間並無顯著差異。隨著碳化稻殼施用量增加，結球萵苣之株重、球寬及總重均較沒有施用碳化稻殼處理為高。園藝性狀調查顯示，碳化稻殼施用量增加並沒有影響結球萵苣的生長，因此將碳化稻殼施用量增加為 2,000 及 2,500 公斤/0.1 公頃進行試驗，試驗結果如表 2 所示。結球萵苣園藝性狀各處理間並無顯著差異，隨著碳化稻殼施用量增加，結球萵苣之球長及球寬均較沒有施用碳化稻殼處理略為增加。在雲林麥寮試

驗結果如表 3 所示，結球萵苣園藝性狀各處理間並無顯著差異。本試驗將碳化稻殼施用量增加為 3,000 及 4,000 公斤/0.1 公頃，試驗結果同樣是園藝性狀各處理間並無顯著差異，但考量大量施用碳化稻殼是否會對土壤造成毒害問題及增加成本支出，因此將以碳化稻殼施用量為 2,000 公斤/0.1 公頃進行後續試驗。

2. 土壤有機碳儲量試驗

土壤總體密度 (Bulk density, BD) 使用土環法 (Blake and Hartge, 1986)，取一固定體積 (土環內徑 5cm、高度 5cm) 之金屬環採取土樣，土壤取樣為每小區取 3 個混合樣品，採樣深度為 0-30 cm 土層，用 8 mesh 網篩過篩，取出石塊及植體，先秤土壤濕重，放入烘箱溫度設定 105 °C 烘乾隔夜後取出，秤土壤乾重，換算土壤水分含量及土壤總體密度。

$$BD \text{ (g/cm}^3\text{)} = \text{烘乾土重/土環體積}$$

將完成總體密度測定之樣品，以乾燒法測定土壤有機碳濃度(TOC)，並帶入公式計算 30 cm 深度的土壤有機碳儲量 (soil organic carbon, SOC)。

$$SOC \text{ (Mg/ha)} = TOC \text{ (g/kg)} \times [BD \text{ (g/cm}^3\text{)} \times 10^8 \text{ cm}^2/\text{ha} \times \text{土層深度(cm)} \times 10^{-3} \text{ kg/g}] \times 10^{-6} \text{ Mg/g}$$

$$SOC_{0-30 \text{ cm}} \text{ (Mg/ha)} = SOC_{0-10 \text{ cm}} + SOC_{10-20 \text{ cm}} + SOC_{20-30 \text{ cm}}$$

SOC：每公頃 30cm 深度的表土所含總有機碳量

TOC：土壤樣品有機碳測定值

土壤有機碳儲量試驗為至雲林縣麥寮鄉及高雄市鳳山區等二地區進行土壤取樣，在固定的地點將田區分為二區，其中一區分別施用碳化稻殼量 2,000 及 4,000 公斤/0.1 公頃，另一區為不施用碳化稻殼的田區當作對照，鳳山地區結球萵苣田區土壤分析結果如表 4 所示。田區未施用碳化稻殼前的土壤水分含量分別為 18.8 及 19.8%，總體密度分別為 1.30 及 1.33 g cm⁻³，30 cm 深度有機碳儲量為 23.5 及 30.4 公噸/公頃。將田區未施用碳化稻殼前之土壤有機碳儲量當作基準線，用以探討施用碳化稻殼土壤碳匯情形。田區施用碳化稻殼 2,000 公斤/0.1 公頃，試驗結果如表 5 所示。土壤水分含量分別為 15.0 及 15.4%，總體密度分別為 1.22 及 1.48 g cm⁻³，30 cm 深度有機碳儲量為 23.6 及 37.9 公噸/公頃，碳化稻殼施用量處理間達 5% 顯著差異。田區施用碳化稻殼 2,000 及 4,000 公斤/0.1 公頃，試驗結果如表 6 所示。土壤水分含量分別為 16.5、16.9 及 18.7 %，總體密度分別為 1.10、1.01 及 1.13 g cm⁻³，30 cm 深度有機碳儲量分別為 26.2、27.9 及 35.8 公噸/公頃，碳化稻殼施用量處理間並無顯著差異。

另外雲林麥寮結球萵苣田區土壤分析結果如表 7 所示。田區未施用碳化稻殼前的土壤水分含量分別為 23.4 及 21.6%，總體密度分別為 1.49 及 1.52 g cm⁻³，30 cm 深度有機碳儲量為 21.9 及 22.2 公噸/公頃。將田區未施用碳化稻殼前之土壤有機碳儲量當作基準線，用以探討施用碳化稻殼土壤碳匯情形。田區施用碳化稻殼 2,000 公斤/0.1 公頃，試驗結果如表 8 所示。土壤水分含量分別為 17.9 及 17.4 %，總體密度分別為 1.47 及 1.52 g cm⁻³，30 cm 深度有機碳儲量為 19.8 及 24.9 公

噸/公頃，碳化稻殼施用量處理間並無顯著差異。田區施用碳化稻殼 2,000 及 4,000 公斤/0.1 公頃，試驗結果如表 9 所示。土壤水分含量分別為 18.1、19.9 及 20.0%，總體密度分別為 1.60、1.62 及 1.63 g cm⁻³，30 cm 深度有機碳儲量分別為 28.3、30.1 及 35.7 公噸/公頃，土壤有機碳儲量在處理間差異達 5% 顯著水準，其他處理間並無顯著差異。隨著碳化稻殼施用量增加，有機碳儲量均較沒有施用碳化稻殼處理為高。

結論與展望

田區碳化稻殼一般建議為每 0.1 公頃施用 100~200 公斤，本試驗以 10 倍量碳化稻殼添加至土壤中，園藝性狀調查顯示，碳化稻殼施用量增加並不會影響結球萵苣的生長。因此，結球萵苣栽培時至少可添加 2,500 公斤/0.1 公頃之碳化稻殼至土壤中，可以提升土壤碳匯能力。余等人 (2024) 探討生物炭替代草炭用於生菜無土栽培的可行性，試驗結果顯示，5%-20% 生物炭替代草炭後，土壤中總孔隙度、通氣孔隙度、速效磷、速效鉀、微生物生物量和酶活性顯著升高。本試驗二個地區土壤分析結果，其中水分含量及總體密度處理間沒有顯著差異，但隨著施用碳化稻殼次數增加，土壤有機碳儲量有略為增加的情形。麥寮地區土壤有機碳儲量的標準偏差都較鳳山地區為小，顯示麥寮地區的土壤較均質。有學者指出碳化稻殼的施用量是否無上限，除了土壤增匯外，亦應考量作物生長、經濟效應及負面效應的產出。本試驗為固定地點及固定碳化稻殼施用量，對土壤碳含量變化的影響以及蔬菜田碳匯能力的評估，試驗結果顯示，施用碳化稻殼並不會影響結球萵苣的生長及產量，至於對田區土壤是否有負面的影響，有待進一步的土壤質地分析結果。台灣地區每年約產生 100 萬公噸的稻殼廢棄物，此廢棄物約可生產 30 萬公噸的碳化稻殼，而結球萵苣栽培面積約 600 公頃，也可積存約 12,000 公噸的碳化稻殼，對提升地力及增加土壤碳匯量均有幫助。研究說明，應持續在土壤中添加有機資材以維持土壤有機質含量，即使休耕的田區仍應種植覆蓋作物避免土壤裸露。土壤碳匯是緩慢且持續的過程，必須長時間的累積才可以看到成效。因此，期許後續土壤碳相關分析結果能提升蔬菜栽培在土壤碳匯的貢獻度。

引用文獻

1. 林棟樑. 2008. 外銷結球萵苣生產現況與展望. 農友月刊 59:10-12.
2. 余海燕、月培茜、賈永霞、蒲玉琳、羅弦、唐姍姍、徐嘉寧. 2024. 生物炭替代草炭對生菜生長和營養品質的影響. 農業資源與環境學報 41:147-154.
3. 邵舒快、徐建湘、杜小林. 1990. 碳化稻殼覆蓋劑的試驗. 鑄造技術 5:30-31.
4. 孫京、丁偉、張馨月. 2020. 不同農業廢棄物配比基質及 pH 值對生菜生長發育的影響研究. 農業與技術 40(2):39-41.
5. 陳琦玲. 2022. 農業部門減排與增匯技術. 臺中區農業改良場特刊 P:48-51.
6. 陳思昀、賴朝明、柯光瑞. 2011. 稻殼生物炭改良劑對土壤性質、碳貯存及溫室氣體排放之影響. 台灣農業化學與食品科學 49(3): 131-140.
7. 許秀惠、賴婉綺、林俊義. 2009. 萵苣細菌性葉腐病及品種抗性篩檢. Plant Pathology Bulletin 18:101-110.
8. 黃連喜、魏嵐、劉曉文、吳穎欣、李翔、黃玉芬、黃慶、劉忠珍. 2020. 生物炭對土壤-植物體系中鉛鎘遷移累積的影響. Journal of Agro-Environment Science 39(10):2205-2216.
9. 黃兆琴、張乃文、劉霞. 2018. 稻殼生物炭的製備及性質表徵. 廣州化工 46(12):40-43.
10. 簡士濠、陳文棋. 2014. 共同施用堆肥與碳化稻殼對坡地土壤氮與磷釋放潛勢之影響. 農業工程學報 60(4):61-71.
11. 蘇博信. 2011. 碳化稻殼之介紹及田間運用. 高雄區農業專訊 78:16-17.
12. 財政部關務署統計資料庫. <<https://portal.sw.nat.gov.tw/APGA/GA03>>.
13. 農業部農糧署農情報告資源網. 2023. <http://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp>.
14. Blake, G. R. and K. H. Hartge. 1986. Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling. Agron. Monogr., Madison, WI. p. 363-375.
15. Han L. F., K. Sun, Y. Yang, X. G. Xia, F. Li, Z. Yang, and B. Xing. 2020. Biochar's stability and effect on the content, composition and turnover of soil organic carbon. Geoderma 364:1-17.
16. Nyle C. B. and R. R. Weil. 2010. Elements of the Nature and Properties of Soils. Third Edition. Copyright 2010 by Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 07458.
17. Rubatzky, V. E. and Yamaguchi, M. 1997. World vegetables: Principles, Production and Nutritive Values, 2nd edn. Chapman & Hall, New York.

Establishing a Carbon Sink Cultivation Model for Iceberg Lettuce

Hui-Ling Lo and Shough-Peng Lee

Department of Vegetable Crops, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch,
Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture.

ABSTRACT

In recent years, the use of agricultural waste to produce biochar for improving soil properties has gradually gained attention. The application of rice husk carbon can improve the physical properties of the soil and promote soil microbial activity, leading to better crop root growth. In this study, we used iceberg lettuce ‘Chang Li No. 6’ as the test crop to conduct experiments on increasing soil carbon sequestration by applying rice husk carbon. Apart from significant differences in plant height and biomass at the 5% level, there were no significant differences among treatments in other horticultural traits, including yield. Therefore, in the cultivation of iceberg lettuce, at least 2,500 kg / 0.1 ha of rice husk carbon can be added to the soil. Soil analysis results showed no significant differences in moisture content and bulk density among treatments, but with the increased application of rice husk carbon, there was a slight increase in soil organic carbon density. Applying rice husk carbon in iceberg lettuce cultivation areas can enhance the soil's carbon sequestration.

Key words: iceberg lettuce, rice husk carbon, carbon sink

表 1. 2023 年鳳山地區第一次碳化稻殼施用量試驗結球萵苣生育調查。

Table 1. 2023 Growth survey of iceberg lettuce in the first rice husk carbon application rate trial in the Fengshan area.

Rice husk carbon (Kg/0.1ha)	Total yield weight (Kg/block)	Plant weight (g)	Head height (cm)	Head width (cm)	Stem length (cm)	SPAD value	Yield (tons/ha)
0	10.4±1.5a	364.0±47.1a	11.6±0.1a	11.6±0.4a	5.2±0.9a	17.5±1.9a	48.5±6.3a
1000	10.5±0.7a	380.7±16.9a	11.2±0.2b	12.0±0.4a	4.4±0.7a	20.0±0.8a	50.7±2.3a
1500	10.7±1.1a	381.1±4.9a	11.9±0.2a	12.2±0.2a	4.0±0.1a	17.5±2.8a	50.8±0.7a
LSD _{0.05}	2.6	68.8	0.4	1.0	1.8	5.4	9.2
Significance ^Z	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS

^Z : NS 、 * 、 ** : the difference was not significant, significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

Seedling date: January 18, 2023 Transplanting date: February 16, 2023

Harvest date: April 6, 2023 Growth days: 49 days

表 2. 2023 年鳳山地區第二次碳化稻殼施用量試驗結球萵苣生育調查。

Table 2. 2023 Growth survey of iceberg lettuce in the second rice husk carbon application rate trial in the Fengshan area.

Rice husk carbon (Kg/0.1ha)	Total yield weight (Kg/block)	Plant weight (g)	Head height (cm)	Head width (cm)	Stem length (cm)	SPAD value	Yield (tons/ha)
0	19.5±5.0a	528.1±52.8a	12.1±0.5a	12.8±0.6a	4.4±0.1a	11.6±0.5a	70.3±7.0a
2000	23.7±7.1a	541.6±154.4a	12.2±1.2a	12.9±1.2a	4.5±0.5a	11.1±1.2a	72.1±20.6a
2500	21.8±7.6a	532.8±178.7a	12.2±1.2a	13.0±1.4a	4.1±0.6a	11.5±1.5a	71.0±23.8a
LSD _{0.05}	15.3	212.1	2.0	1.6	0.8	3.0	28.3
Significance ^Z	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^Z : NS 、 * 、 ** : the difference was not significant, significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

Seedling date: February 16, 2023 Transplanting date: March 8, 2023

Harvest date: April 18, 2023 Growth days: 41 days

表 3. 2023 年麥寮地區碳化稻殼施用量試驗結球萵苣生育調查。

Table 3. 2023 Growth survey of iceberg lettuce in the rice husk carbon application rate trial in the Mailiao area.

Rice husk carbon (Kg 0.1ha)	Total yield weight (Kg/block)	Plant weight (g)	Head height (cm)	Head width (cm)	Stem length (cm)	SPAD value	Yield (tons/ha)
0	35.1±10.9a	733.9±52.5a	12.0±0.5a	13.8±0.5a	3.3±0.2a	10.1±0.7a	97.8±7.0a
2000	35.9±2.9a	684.0±43.9a	11.9±0.2a	13.9±0.1a	3.1±0.5a	10.0±1.5a	91.1±5.8a
2500	36.1±4.7a	722.7±23.2a	11.6±0.5a	14.1±0.5a	3.5±0.6a	9.8±1.2a	96.3±3.1a
LSD _{0.05}	15.6	97.6	1.2	0.9	0.8	2.7	13.0
Significance ^Z	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^Z : NS、*、** : the difference was not significant, significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

Seedling date: February 16, 2023 Transplanting date: March 2, 2023

Harvest date: April 17, 2023 Growth days: 46 days

表 4. 2023 年鳳山地區結球萵苣田區試驗前 30cm 深度土壤分析。

Table 4. 2023 soil analysis at 30 cm depth in iceberg lettuce fields in the Fengshan area.

Rice husk carbon (Kg / 0.1 ha)	Water content (%)	Bulk density (g cm ⁻³)	Soil organic carbon density (tons/ha)
0	18.8±3.0 a	1.30±0.16 a	23.5±6.7 a
2000	19.8±0.6 a	1.33±0.12 a	30.4±3.3 a
LSD _{0.05}	8.5	0.1	20.8
Significance ^Z	NS	NS	NS

^Z : NS、*、** : the difference was not significant, significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

Sampling date: October 30, 2023

表 5. 2023 年鳳山地區結球萵苣田區試驗後 30cm 深度土壤分析。

Table 5. 2023 post-trial soil analysis at 30 cm depth in iceberg lettuce fields in the Fengshan area.

Rice husk carbon (Kg / 0.1 ha)	Water content (%)	Bulk density (g cm ⁻³)	Soil organic carbon density (tons/ha)
0	15.0±1.0 a	1.22±0.09 a	23.6±3.5 b
2000	15.4±3.9 a	1.48±0.17 a	37.9±15.5 a
LSD _{0.05}	8.2	0.59	47.1
Significance ^Z	NS	NS	*

^Z : NS、*、**：the difference was not significant, significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

Sampling date: December 14, 2023

表 6. 2024 年鳳山地區結球萵苣田區試驗後 30cm 深度土壤分析。

Table 6. 2024 post-trial soil analysis at 30 cm depth in iceberg lettuce fields in the Fengshan area.

Rice husk carbon (Kg / 0.1 ha)	Water content (%)	Bulk density (g cm ⁻³)	Soil organic carbon density (tons/ha)
0	16.5±2.1 b	1.10±0.29 a	26.2±12.6 a
2000	16.9±4.5 ab	1.01±0.14 a	27.9±13.3 a
4000	18.7±1.9 a	1.13±0.15 a	35.8±11.0 a
LSD _{0.05}	12.5	0.55	16.9
Significance ^Z	NS	NS	NS

^Z : NS、*、**：the difference was not significant, significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

Sampling date: February 17, 2024

表 7. 2023 年麥寮地區結球萵苣田區試驗前 30cm 深度土壤分析。

Table 7. 2023 soil analysis at 30 cm depth in iceberg lettuce fields in the Mailiao area.

Rice husk carbon (Kg / 0.1 ha)	Water content (%)	Bulk density (g cm ⁻³)	Soil organic carbon density (tons/ha)
0	23.4±6.6 a	1.49±0.09 a	21.9±1.4 a
2000	21.6±6.2 a	1.52±0.13 a	22.2±1.9 a
LSD _{0.05}	18.7	0.09	2.5
Significance ^Z	NS	NS	NS

Z : NS、*、** : the difference was not significant, significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

Sampling date: October 20, 2023

表 8. 2023 年麥寮地區結球萵苣田區試驗後 30cm 深度土壤分析。

Table 8. 2023 post-trial soil analysis at 30 cm depth in iceberg lettuce fields in the Mailiao area.

Rice husk carbon (Kg / 0.1 ha)	Water content (%)	Bulk density (g cm ⁻³)	Soil organic carbon density (tons/ha)
0	17.9±1.3 a	1.47±0.04 a	19.8±1.5 a
2000	17.4±1.3 a	1.52±0.06 a	24.9±3.0 a
LSD _{0.05}	2.1	0.14	10.1
Significance ^Z	NS	NS	NS

Z : NS、*、** : the difference was not significant, significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

Sampling date: December 11, 2023

表 9. 2024 年麥寮地區結球萵苣田區試驗後 30cm 深度土壤分析。

Table 9. 2024 post-trial soil analysis at 30 cm depth in iceberg lettuce fields in the Mailiao area.

Rice husk carbon (Kg / 0.1 ha)	Water content (%)	Bulk density (g cm ⁻³)	Soil organic carbon density (tons/ha)
0	18.1±0.4 a	1.60±0.17 a	28.3±3.5 b
2000	19.9±3.5 a	1.62±0.03 a	30.1±0.4 ab
4000	20.0±0.7 a	1.63±0.03 a	35.7±2.4 a
LSD _{0.05}	5.3	0.24	6.6
Significance ^Z	NS	NS	*

Z : NS 、* 、** : the difference was not significant, significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

Sampling date: February 20, 2024

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所研究成果研討會專刊. 113 年度 =
Proceedings of the symposium on the 2024 research results of Fengshan Tropical
Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute/王三太,
方信秀, 李香誼, 林楨祐, 郭展宏, 徐智政, 劉碧鵬, 羅惠齡作; 羅妙禎,
王三太, 李文立主編.-- 初版.-- 臺中市: 農業部農業試驗所, 民 114.02
84 面; 29.7*21 公分 -- (農業部農業試驗所特刊; 第 246 號)

ISBN: 978-626-7651-22-3(平裝)

1. CST: 果樹 2. CST: 蔬菜 3. CST: 栽培 4. CST: 植物病蟲害
435.3

114002175

編 號: 農業試驗所 2025 年 02 號

書 名: 農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 113 年度研究成果研討會專刊

發行人: 林學詩

主 編: 羅妙禎、王三太、李文立

作 者: 王三太、方信秀、李香誼、林楨祐、郭展宏、徐智政、劉碧鵬、
羅惠齡 (依姓氏筆畫排列)

出版機關: 農業部農業試驗所

地 址: 台中市霧峰區萬豐村舊正里中正路 189 號

網 址: <https://www.tari.gov.tw/>

電 話: (04)23302301

出版年月: 114 年 2 月

封面設計: 喬喻數位影印輸出中心

版 次: 初版

定 價: 350 元

展售門市: 1. 國家書店 / 104 台北市松江路 209 號 1 樓(02)25180207

國家網路書店 <http://www.govbooks.com.tw>

2. 五南文化廣場 / 400 臺中市中山路 6 號(04)22660330

ISBN: 978-626-7651-22-3 (平裝)

GPN: 1011400227

版權所有、轉載須經本所同意

